DIE NATURWISSENSCHAFTEN

31. Jahrgang | 24. September 1943 | Heft 39/40

Versuche über die Lenkung des Bienenfluges durch Duftstoffe.

Von K. v. Frisch, München.

Sowohl der Imker wie der Landwirt haben nicht selten den Wunsch, den Bienenbesuch einer bestimmten Trachtpflanze zu fördern, um dadurch den Honigertrag oder die Samenernte zu steigern. Die Grundlage der Bemühungen, den Flug der Bienen in diesem Sinne zu lenken, bilden Untersuchungen über den Geruchsinn und über die „Sprache" der Bienen, die nun schon mehr als 20 Jahre zurückliegen. Durch das Dressurverfahren ließ sich zeigen, daß die Bienen den Duft verschiedener Blüten sehr gut unterscheiden können; ihm kommt bei der Verständigung im Bienenvolk eine wichtige Rolle zu: Beim Auffinden einer Nektarquelle alarmiert die Entdeckerin der Tracht durch „Rundtänze" auf den Waben ihre Stockgenossen. Diese werden dadurch veranlaßt auszufliegen und ringsum zu suchen, wobei sie nach anhaltenden Tänzen schließlich den ganzen Flugkreis abstreifen; sie suchen nach dem Duft, den sie an den heimgekehrten Tänzerinnen wahrnehmen und gelangen so an die gleiche Blütensorte, an der jene gesammelt haben[1]). Mit welcher „Überzeugung" dieses Ziel verfolgt wird, dafür nur ein Beispiel: Ich fütterte eine kleine Schar von 10 gekennzeichneten Bienen an einem künstlichen Futterplatz auf Phloxblüten mit Zuckerwasser. Sie tanzten im Stock, und alsbald war in den Blumenbeeten der ganzen Gegend der Phlox lebhaft von Bienen beflogen, die an den Blüten vergeblich herumsuchten, da ihnen der tief geborgene Nektar dieser Schmetterlingsblumen gar nicht zugänglich ist. Der Flug ist dabei spezifisch auf jenen bestimmten Geruch eingestellt, und andere, selbst verwandte und ähnlich duftende Blütensorten werden nicht beachtet.

Diese Erscheinung ist nur verständlich, wenn der Duft der Blüten, an denen die Bienen gesammelt haben, ihrem Körper längere Zeit erkennbar anhaftet. Daß dies zutrifft, konnte Frl. Steinhoff[2]) nachweisen. Sie hat gefunden, daß Riechstoffe am Bienenkörper besser haften als an metallischen Gegenständen, an Porzellan, Glas, Glaswolle oder Papier; nur manche Sorten von Watte und Filtrierpapier hielten die Düfte noch länger fest. Die Haftdauer ist bei verschiedenen Riechstoffen ungleich, bei manchen ätherischen Ölen und Bestandteilen von solchen sehr groß. Von besonderem Interesse ist, wie lange sie dem Bienenkörper *für andere Bienen erkennbar* anhaften. Um dies zu erfahren, wurde z. B. der Hinterleib einer Biene in einem geschlossenen Gefäß $^1/_4$ Stunde dem Duft von Citral ausgesetzt. An die freie Luft gebracht, haben ihn Bienen, die vorher auf Citral dressiert worden waren, noch nach 1 Stunde deutlich angeflogen (Fig. 1).

Es war naheliegend, die Tatsache, daß die auf einer duftenden Unterlage gefütterten Bienen ihre Stockgenossen nach diesem Duft ausschicken, der Praxis nutzbar zu machen[1]). Der Gedanke wurde von russischen Bienenforschern verwirklicht und hauptsächlich zur Steigerung des Bienenbefluges bei ausgedehnten Kleefeldern benützt. Sie sind hier-

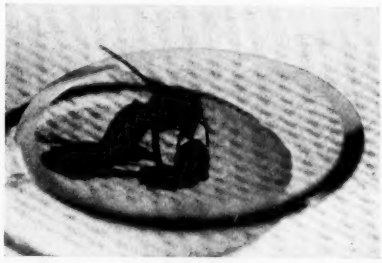


Fig. 1. Untersuchung der Haftdauer von Düften am Bienenkörper: eine auf Citralduft dressierte Biene fliegt an einen Bienenhinterleib an, der vor 1 Stunde in Citralduft gelegen hatte, und untersucht ihn mit ihren Riechwerkzeugen, den Fühlern (nach Steinhoff, noch unveröffentlicht).

bei von dem ursprünglich vorgeschlagenen Verfahren in mehreren Punkten abgewichen: 1. füttern sie die Bienen nicht auf Rotkleeblüten, die mit Zuckerwasser betropft sind, sondern mit Zuckerwasser, welches durch Einlegen von Kleeblüten deren Duft angenommen hat. 2. reichen sie das Futter nicht im Freien an einem künstlichen Futterplatz, sondern im Stock, damit keine Räuberei[2]) entsteht. Und 3. verfüttern sie aus dem

[1]) K. v. Frisch, Über den Geruchsinn der Bienen und seine blütenbiologische Bedeutung. Zool. Jb. Abt. allg. Zool. u. Physiol. **37**, 1—238 (1919) (als Buch: Jena 1919). — Über die „Sprache" der Bienen. Zool. Jb. Abt. allg. Zool. u. Physiol. **40**, 1—186 (1923) (als Buch: Jena 1923).

[2]) Noch unveröffentlichte Versuche.

[1]) K. v. Frisch, Ein Vorschlag für den Wanderimker. Bienenzucht und Bienenforschung in Bayern. Festschr. d. Münch. Bez. Bienenzuchtver. z. 50. Gründungsjahr Neumünster 1927, S. 77—79. — Vom Sinnesleben und Geistesleben der Bienen, Dtsch. Imkerführer 11 (1937). — Die Werbetänze der Bienen und ihre Auslösung. Naturwiss. **30**, 269—277 (1942).

[2]) Unter „Räuberei" versteht man in der Imkersprache das nicht seltene Vorkommnis, daß Bienen in einen fremden Stock eindringen und den Honig aus den Waben stehlen. Reichliche Fütterung mit Zuckerwasser, besonders außerhalb vom Stock und in der Nähe des Bienenstandes, verleitet die Sammlerinnen leicht dazu, sich auf ähnlich bequeme Weise am Honig der Nachbarvölker gütlich zu tun.

gleichen Grunde das Duftwasser zur Nachtzeit oder am frühen Morgen vor Flugbeginn. Dadurch ist die Methode in einem wesentlichen Punkt abgeändert. Bei meinen Versuchen haben die gefütterten Bienen durch ihre Tänze die Stockgenossen ausgesandt. Was hier geschieht, ist etwas anderes. Denn nachts lassen sich die Bienen nicht hinausschicken, und zur Flugzeit wird kein Zuckerwasser gereicht. Vielmehr sind es offenbar die nächtlicherweile gefütterten Bienen selbst, die am folgenden Tage ausfliegen und nach dem Duft suchen, auf den sie im Stock „dressiert" worden sind. Welches Verfahren praktischer ist, bleibt erst zu prüfen.

Ich schildere zunächst die Methode der Russen und ihre Ergebnisse, soweit sie mir bekannt geworden sind. GUBIN (1) empfiehlt die zur Bestäubung der Felder bestimmten Völker 6—7 Tage vor dem Beginn der Kleeblüte abzusperren; eine kleine Vorsatzgalerie vor dem Flugloch, mit Drahtgitter, gibt ihnen die Möglichkeit, außen abzukoten, die Abfälle aus dem Stock zu schaffen und diesen zu ventilieren. Täglich werden 100—200 g Rotkleesirup gefüttert[1]). Die Futtergefäße müssen sauber und frei von anderen Duftstoffen sein. Nach Beginn der Kleeblüte läßt man die Bienen ausfliegen. Die Duftfütterung wird mit 100 g täglich während der ganzen Kleetracht fortgesetzt. Statt des mehrtägigen Absperrens der Stöcke, das manche Nachteile mit sich bringt, wird auch empfohlen, rechtzeitig — z. B. durch Bildung von Brutablegern — Völker mit besonders vielen Jungbienen bereitzustellen. Da diese noch nicht auf bestimmte Tracht eingeflogen sind, lassen sie sich sehr erfolgreich dressieren (2). Es ist zweckmäßig, die Völker nahe bei den Kleefeldern aufzustellen.

Der Beflug der Rotkleefelder ließ sich durch Anwendung der Duftdressur nach KOMAROW (3) auf das 4—5fache, nach SOROKIN (4) auf das 6fache, nach ANDRIJUK (5) auf das 7—8fache, bei Verwendung von Jungbienen auf das 14—15fache, nach GUBIN (6) in der Praxis auf das 5—6fache, im wissenschaftlichen Versuch auf das 14—15fache, nach Angaben GUBINS an anderer Stelle (7) in der Praxis auf das 19fache, nach KAPUSTIN (8) auf das 24fache, nach PAPARIA (9) durchschnittlich auf das 14fache, in manchen Fällen sogar auf das 30fache steigern. Leider wurde anscheinend bei allen diesen Versuchen versäumt, den nichtdressierten Kontrollvölkern täglich eine Fütterung mit entsprechenden Mengen duftfreien Zuckerwassers zu verabreichen. Erst dadurch hätte sich herausgestellt, wieweit die Steigerung des Besuches der Reizfütterung an sich und wieweit sie der Duftdressur zuzuschreiben ist.

Für den Landwirt von größtem Interesse ist *die Auswirkung des verstärkten Bienenbefluges auf den Samenertrag.* Dieser wurde durch die Anwendung der Duftdressur nach TITOW und KOWALJEW (10) (bei unzulänglicher Technik) um die Hälfte gesteigert, nach KAPUSTIN verdoppelt, nach GUBIN(11) verdreifacht. SOROKIN (4) meldet neben größerem Samenertrag auch *erhöhte Honigernte.*

Der Rotklee wurde von den Russen am eingehendsten bearbeitet. Doch liegen auch für andere Pflanzen günstige Berichte vor. Nach GUBIN(11) hat sich die Duftdressur bei *Wicken, Sonnenblumen* und bei der *Luzerne* bewährt. PAPARIA (9) erhielt bei der Luzerne durch Duftdressur eine 19—20fache Steigerung des Befluges. Nach WEPRIKOW[1]) ist es nützlich, die Bienen auf den Geruch von Obstblüten zu dressieren, wenn sie von deren Besuch durch das gleichzeitige Blühen wilder Trachtpflanzen abgelenkt werden. SAWITZKIJ (13) berichtet von einer *Wein*sorte der südlichen Krim (*Tschausch*wein), die ohne Kreuzbefruchtung keine Früchte trägt und deshalb unbefriedigende Ernten lieferte. Nach Duftdressur der Bienen wurde das 11fache Gewicht an Weintrauben geerntet. Man hat bei dieser Gelegenheit beobachtet, daß von den dressierten Bienen in jenen Weinbergen die Sorte „Tschausch" sehr stark beflogen wurde, während 9 andere dort wachsende Weinsorten keine Beachtung fanden. Das bestätigt wieder die strenge *Spezifität der Dressur.* Nach ANDRIJUK (14) ist es auf diese Art gelungen, die Bienen auch an Blüten zu schicken, deren Bestäubung erwünscht war, die aber sonst wegen Honigmangel nicht beflogen wurden, z. B. an *Jasmin, Flieder* und *Kartoffelblüten.*

Es ist notwendig, die Methoden der russischen Bienenforscher und ihre Anwendbarkeit auf unsere Verhältnisse nachzuprüfen[2]). Es scheint mir aber noch dringender, die *Voraussetzungen* zu untersuchen, auf denen ihr Verfahren beruht. In diesem Sinne sollen einige Fragen herausgegriffen und Wege zu ihrer Klärung gezeigt werden.

Wir verfolgen hierbei zunächst meinen alten Gedanken, die *Tänze* der Bienen der Praxis nutzbar zu machen. Wir füttern darum bei Tag, während der Flugzeit.

1. Läßt sich die Außenfütterung durch Innenfütterung ersetzen?

Zu den Versuchen diente ein Kärntner Bauernstock, den ich auf einer Wiese neben unserem Landhaus in Brunnwinkl am Wolfgangsee auf-

[1]) Die Vorschrift lautet: Für 10 Völker rührt man $^1/_2$ kg Zucker mit $^1/_2$ l heißem Wasser an. Nach Erkalten des Sirups gibt man die ausgezupften rosa Blüten von 100—150 Kleeköpfchen hinein, ohne die grünen Kelche. Man läßt das Glas verschlossen stehen. Nach 2—5 Stunden hat das Zuckerwasser den Kleeduft angenommen und kann abgegossen und verfüttert werden. Die Wirkung ist um so besser, je intensiver der Kleeduft ist. Man kann die Intensität des Blütenduftes steigern, indem man Kleeblüten für einige Tage durch Bedecken mit Gaze vor Insektenbesuch schützt [s. GUBIN, l. c. — ANDRIJUK, Aus der russischen Bienenwirtschaft. Dtsch. Imkerführer, **14**, 125 (1940)].

[1]) P. N. WEPRIKOW, Die Bestäubung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Moskau: Selchosgis-Verlag 1936. — Deutsche Übersetzung der Bücherei der Rfg. Imker Berlin. — Das umfangreiche Werk schildert auch die imkerlichen und landwirtschaftlichen Maßnahmen, die zur Förderung der Bestäubung neben der Duftdressur zu beachten sind.

[2]) Bei uns hat sich wohl als erster ERICH LANGER (Dtsch. Imkerführer **15**, Nr. 11, Febr. 1941) mit solchen Nachprüfungen befaßt. Er berichtet, daß er bei Duftdressur auf die Zottelwicke (*Vicia villosa*) eine Steigerung der Honigernte und einen äußerst zufriedenstellenden Samenertrag erzielt hat.

stellte. Am 31. August 1942 wurden 12 numerierte Bienen aus diesem Stock an einem nahegelegenen künstlichen Futterplatz von 10.02 Uhr ab aus einem Glasschälchen gefüttert[1]), welches auf einer nach *Bergamottöl* duftenden Unterlage stand. In entgegengesetzter Richtung vom Stock und 45 m von diesem entfernt legte ich in Abständen von je 2 m drei mit Filtrierpapier überzogene Kartonplatten ins Gras, deren eine, wie die Platte am Futterplatz, mit einigen Tropfen *Bergamottöl*, die beiden anderen

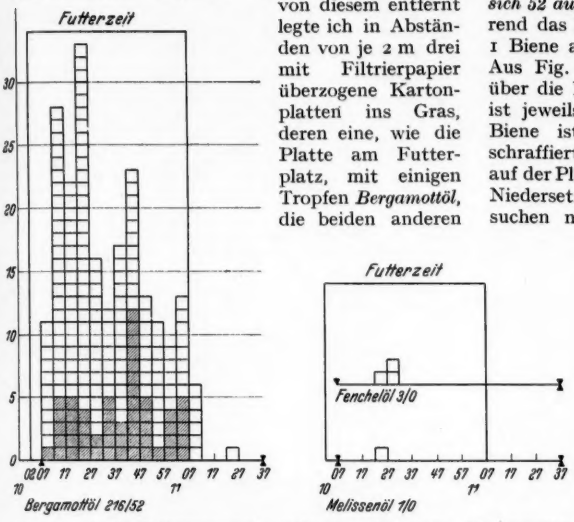


Fig. 2. Außenfütterung auf duftender Unterlage (Bergamottöl, 31. VIII. 1942). Wolkenlos, leichte Luftströmung vom Beobachtungsplatz schräg seitlich gegen den Stock gerichtet. Schattentemperatur 21°. — Auf der Abscisse ist die Zeit, auf der Ordinate die Zahl der Bienen aufgetragen. Jedes schraffierte Quadrat bedeutet 1 Biene, die sich auf die Duftplatte gesetzt hat (für je 5 Min. zusammengefaßt), jedes weiße Quadrat 1 Biene, welche die Duftplatte nur umschwärmt hat. Beginn und Ende der *Beobachtungszeit* ist auf der Abscisse markiert, Beginn und Ende der Fütterung *(Futterzeit)* durch Umrahmung kenntlich gemacht. Links ist der Besuch der Duftplatte dargestellt, die jenen Geruch trägt, welcher dem Futter beigegeben wurde, rechts sind (übereinander) die Frequenzen der beiden Kontrollduftplatten verzeichnet. Die zwei in Bruchform angeschriebenen Zahlen bedeuten die Gesamtbesucherzahl und die Zahl der Bienen, die sich auf die Platte gesetzt haben.

mit der gleichen Menge *Melissenöl* und *Fenchelöl* versehen und ab 10.07 Uhr beobachtet wurden. Glasschälchen und Futter fehlten hier am „Beobachtungsplatz". Die Duftplatten lagen in der Sonne. Die Riechstoffe wurden während der Beobachtungszeit nicht erneuert. Sie waren am Ende des Versuches für unsere Nase noch schwach, aber deutlich erkennbar. Die am *Futterplatz* verkehrenden 12 gezeichneten Bienen alarmierten durch ihre Tänze die Stockgenossen. Von 10.07 bis 11.07 Uhr erschienen am Zuckerwasserschälchen 206 Neulinge, die alle abgefangen und getötet wurden, so daß die Zahl der Tänzerinnen konstant blieb, bis das Futter um 11.07 Uhr entfernt wurde. Am *Beobachtungsplatz* wurde von 10.07—11.37 Uhr jede Biene verzeichnet, die eine Duftplatte anflog, d. h. sie in einem Abstand von wenigen Zentimetern umschwärmte oder sich auf sie setzte. Es waren beim Bergamottöl *insgesamt 216 Bienen, von denen sich 52 auf der duftenden Platte niederließen*[1]), während das Fenchelöl nur von 3, das Melissenöl von 1 Biene angeflogen wurde und keine sich setzte. Aus Fig. 2 ist die Verteilung der Ankömmlinge über die Beobachtungszeit zu ersehen. Ihre Zahl ist jeweils für 5 Minuten zusammengefaßt; jede Biene ist durch ein Quadrat wiedergegeben, schraffierte Quadrate bedeuten die Tiere, die sich auf der Platte niedergelassen haben. Auf ein solches Niedersetzen folgt oft ein hartnäckiges Herumsuchen nach Futter. — Die hier erschienenen Bienen sind offenkundig durch die Berührung mit den nach Bergamottöl duftenden Tänzerinnen im Stock dazu veranlaßt worden. Entsprechende Versuche mit gleichartigem Ergebnis habe ich früher in größerer Zahl durchgeführt[2]).

Zum Vergleich bringe ich nun das Ergebnis eines Versuches, bei dem das Futter *im Stock* in duftender Umgebung gereicht worden ist. Zu diesem Zwecke hatte ich in das Deckelbrett des Bauernstockes, zwischen letzter Wabe und Hinterwand, ein Loch schneiden lassen, in das ein Futterteller eingesetzt werden konnte. Aus Gründen, die hier gegenstandslos, aber für spätere Versuche wichtig sind, war die Umgebung des Futtertellers durch einen innen am Deckel befestigten, für die Bienen passierbaren Drahtkorb vom übrigen Innenraum abgegrenzt (Fig. 3). Um ohne Störung nachsehen zu können, was am Futterteller vorgeht, hatte ich als hintere Abschlußwand des Stockes eine Glasscheibe eingesetzt; ein darauf passendes Brettchen sorgte für Dunkelheit und Warmhaltung, konnte aber mit einem Griff entfernt werden. Für die Fütterung in duftender Umgebung band ich um den Hals des Futtertellers einen 2—3 mal herumgewickelten Streifen Filtrierpapier, der so schmal war, daß er mit dem Zuckerwasser im Teller nicht in Berührung kam, und versah ihn mit einigen Tropfen *Sternanisöl*.

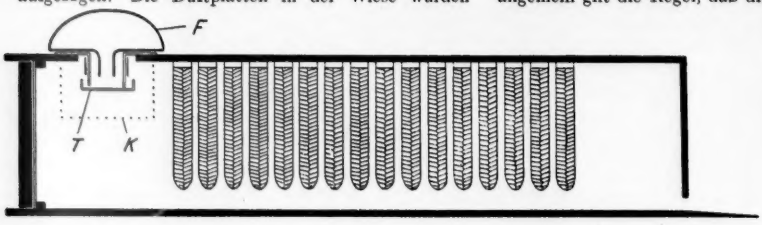
Am 9. VIII. 1942 um 10 Uhr wurde der so vorbereitete Teller angebracht und eine Futterflasche aufgesetzt. Etwa 30 m vom Stock entfernt lagen 3 Duftplatten mit *Sternanisöl*, *Rosmarinöl* und *Pfefferminzöl*

[1]) Zu allen Versuchen diente Zuckerlösung 1:1 (1 l Wasser + 1 kg Zucker, etwa = 1¾ mol). Alle Zeitangaben in „Sommerzeit", also „10 Uhr" = 9 Uhr Sonnenzeit.

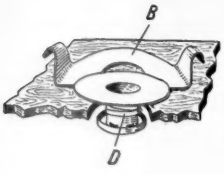
[1]) Nicht mitgezählt wurden hierbei die nicht wenigen Tiere, die sich unmittelbar *neben* der Platte ins Gras setzten und dort suchten; sie wurden zu den „umschwärmenden" gerechnet.

[2]) Über die „Sprache" der Bienen, l. c., S. 109ff.

im Grase. Der Futterballon wurde um 11.05 Uhr entfernt, wobei etwas Zuckerwasser auf den Boden des Stockes verschüttet wurde[1]). Es war um 11.15 Uhr aufgesogen. Die Duftplatten in der Wiese wurden auf das duftende Filtrierpapier setzten. Die Rosmarin und Pfefferminzplatte wurden von 5 und 8 Bienen angeflogen, von denen sich keine niederließ. Ganz allgemein gilt die Regel, daß die Bienen die Kontrollplatten, wenn überhaupt, nur kurz und flüchtig besuchten, während sie an der richtigen Duftplatte durch längeres Umschwärmen ein deutliches Interesse bekundeten, bis sie angesichts der leeren Tafel wie mit plötzlichem Entschluß davonflogen. Die zeitliche Verteilung der Anflüge ersieht man aus Fig. 4.



a



b

Fig. 3a. Der Versuchsbienenstock, ein Kärntner Bauernstock, mit eingesetztem Futterteller (*T*) und aufgesetzter Futterflasche (*F*), *K* Drahtkorb zum Einfüllen von Blüten. Das Flugloch befindet sich in der Figur rechts; als Rückwand (links) ist eine Glasplatte eingesetzt, durch welche nach Entfernung des Verschlußbrettchens die Vorgänge am Futterteller beobachtet werden können.

Fig. 3b. Der Futterteller und das hufeisenförmige, mit Handgriffen versehene Blech (*B*) zum Abheben des Futtertellers samt der Futterflasche. *D* Duftstreifen (mit Duft versehener Filtrierpapierstreifen), um den Hals des Futtertellers gebunden.

Man kann also zweifellos auch durch Innenfütterung in duftender Umgebung ein massenhaftes und zielgerichtetes Ausfliegen der Bienen erreichen. Aus dem starken Abfall der Frequenz nach Schluß der Fütterung ist zu entnehmen, daß auch hier die Besucher am Beobachtungsplatz in erster Linie die durch Tänze alarmierten Stockgenossen[1]) und nicht die Sammlerinnen selbst sind. Die verspäteten Ankömmlinge nach Entfernung des Futterballons (Fig. 4) mögen allerdings Bienen gewesen sein, die erst innen gesammelt und sich nach dem Versiegen dieser Trachtquelle draußen umgesehen haben. Da sie bei der Innenfütterung nicht gezeichnet wurden, lassen sich hierüber vorläufig keine bestimmten Angaben machen.

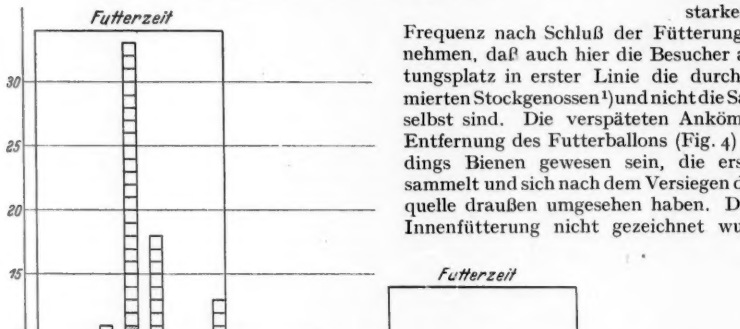


Fig. 4. Innenfütterung in duftender Umgebung (Sternanisöl, aufgenommene Menge 85 ccm), 9. VIII. 1942 Wolkenlos, windstill, ab 11.15 Uhr leichter Wind gegen den Stock. Schattentemperatur um 10 Uhr 15°. — Weitere Erklärung s. Fig. 2.

von 10.03—12.15 Uhr beobachtet. An der Sternanisplatte flogen in dieser Zeit 158 Bienen an, von denen sich 37

Wir möchten nun wissen, *welche von beiden Methoden, Außenfütterung oder Innenfütterung, unter sonst gleichen Bedingungen die bessere ist.*

[1]) Das wurde bei den weiteren Versuchen dadurch verhindert, daß ich zum Abheben des Futtertellers samt Futterballon ein passend zugeschnittenes und mit zwei Handgriffen versehenes Blech benützte (Fig. 3b). So wurde jede seitliche Neigung vermieden und kein Tropfen verschüttet.

[1]) Wir wissen, daß auch bei Innenfütterung getanzt wird.

Die Beantwortung dieser Frage stößt auf Schwierigkeiten, weil die „gleichen Bedingungen" nicht verwirklicht werden können. Abgesehen davon, daß die Witterungsverhältnisse, unter denen die Windrichtung eine besondere Rolle spielt, täglichen und stündlichen Schwankungen unterliegen, kann 1. bei Wiederholung eines Versuches schon die *Wiederholung* an sich das Ergebnis verändern; es kann 2. bei *verschiedenen Riechstoffen* deren Beschaffenheit von ausschlaggebender Bedeutung sein; und

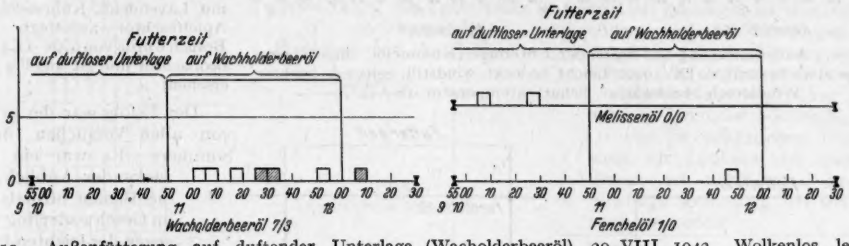


Fig. 5a. Außenfütterung auf duftender Unterlage (Wacholderbeeröl), 29. VIII. 1942. Wolkenlos, leichte Luftströmung gegen den Stock.

es kann 3. bei Benützung desselben Riechstoffes zur *Außen-* und *Innenfütterung* schon der andere Ort der Anwendung zu einer Fehlerquelle für den Vergleich werden. Die Bedeutung dieser Umstände sei durch einige Beispiele belegt:

1. Der Versuch mit Außenfütterung auf *Bergamottöl* vom 31. VIII. 1942 (Fig. 2) wurde am folgenden Tage in genau derselben Art wiederholt. Obwohl die Luftströmungen am Beobachtungsplatz und die anderen Witterungsverhältnisse in fast idealer Weise gleich waren, flogen diesmal knapp halb so viel Bienen an der Bergamottduftplatte an wie am Tage zuvor. Ob an dieser Minderung der mehrhundertfache Mord von Neulingen am Futterschälchen schuld war, ob manchen vergeblich suchenden Bienen die Sache zu dumm wurde oder ob andere Ursachen mitspielten, kann ich nicht sagen.

2. Eine *Außenfütterung auf Wacholderbeeröl*, die kurz vor den Bergamottölversuchen stattfand, hatte trotz gleichartiger Durchführung nur ein klägliches Ergebnis (vgl. Fig. 5a). Das Wacholderbeeröl duftet für uns schwächer als Bergamottöl und mag auch den tanzenden Bienen weniger deutlich angehaftet haben. Überdies kann es sein, daß verschiedene Riechstoffe selbst bei gleicher Intensität für die Bienen verschieden eindrucksvoll sind.

Wenn auch der Erfolg in diesem Falle zahlenmäßig gering war, so kann doch ein solcher nicht bestritten werden. Es wurde bei diesem Versuch die Schar von 12 gezeichneten Bienen am Futterplatz von $^1/_2$10 Uhr ab auf duftloser Unterlage, erst ab 10.50 (bis 12 Uhr) auf Wacholderbeeröl gefüttert. Man sieht aus der Fig. 5a, daß der gerichtete Anflug erst begann, nachdem die Tänzerinnen auf der *duftenden* Unterlage sammelten.

3. Ein gleichartiger Versuch mit *Außenfütterung auf Kümmelöl* hatte einen mittelmäßigen Erfolg (Fig. 6a). Am Tage vorher hatte ich bei *Innenfütterung* (Duftmanschette mit 5 Tropfen Kümmelöl um den Hals des Futtertellers, vgl. Fig. 3) ein viel schlechteres Ergebnis gehabt (Fig. 6b). Es wäre ein Fehlschluß, dies auf die Innenfütterung an sich zurückzuführen. Das Kümmelöl übt auf die Bienen eine Reizwirkung aus. Sie vermeiden es, sich unmittelbar auf die betropften Stellen der Unterlage zu setzen, und putzen lebhaft Fühler und Rüssel. Bei der Innenfütterung mußte diese Reizwirkung noch stärker zur Geltung kommen als in freier Luft. Tatsächlich gingen die Bienen im Stock erst nach etwa 20 Minuten, und dann nur zögernd ans Futter. Auch mag die Lebhaftigkeit der Tänze unter der Reizwirkung gelitten haben, denn auch durch eine geringfügige *geschmackliche* Vergällung des Futters wird sie beeinträchtigt (15). Eine Kontrolle der Tänze ist nur in einem Beobachtungsstock möglich und für die Versuche des nächsten Sommers vorgesehen.

Wir begnügen uns hier mit der Feststellung,

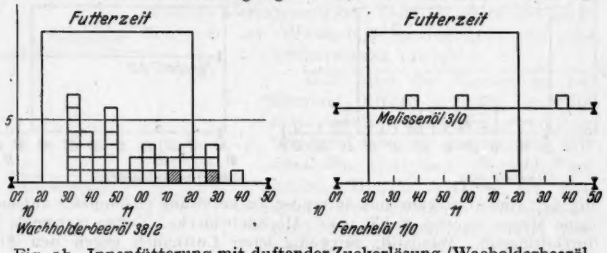


Fig. 5b. Innenfütterung mit duftender Zuckerlösung (Wacholderbeeröl, aufgenommene Menge 45 ccm), 30. VIII. 1942. Wolkenlos, leise Luftströmung gegen den Stock. Schattentemperatur 19—21°. Weitere Erklärung s. Fig. 2.

daß Innenfütterung in duftender Umgebung dieselben Dienste tun ***kann*** *wie eine wirkungsvolle Außenfütterung.* Ein Erfolg läßt sich nicht allgemein voraussagen, sondern muß für jeden Riechstoff eigens erprobt werden.

In einem Punkt ist die Außenfütterung sicher überlegen: man kommt mit geringeren Futtermengen ans Ziel. So trugen bei Außenfütterung 12 sammelnde Bienen vom Futterschälchen auf Bergamottöl knapp 18 ccm Zuckerlösung ab und schickten 216 Stockgenossen an die Duftplatte (31. VIII.); bei Innenfütterung an Sternanisöl wurden 85 ccm abgetragen, und 158 Bienen kamen an die Duftplatte (9. VIII.). Ich vermute die Ur-

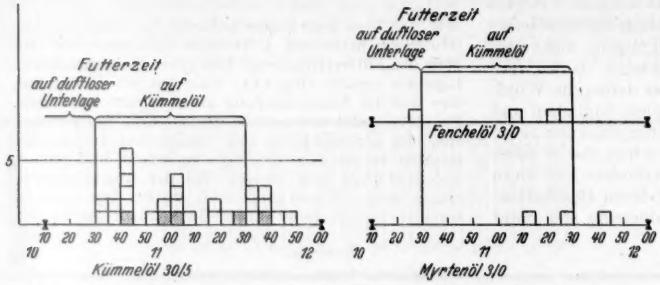


Fig. 6a. Außenfütterung auf duftender Unterlage (Kümmelöl, eingetragene Menge etwa 10 ccm), 6. IX. 1942. Leicht bedeckt, windstill, zeitweise leichter Windhauch stockwärts. Schattentemperatur 18—21°.

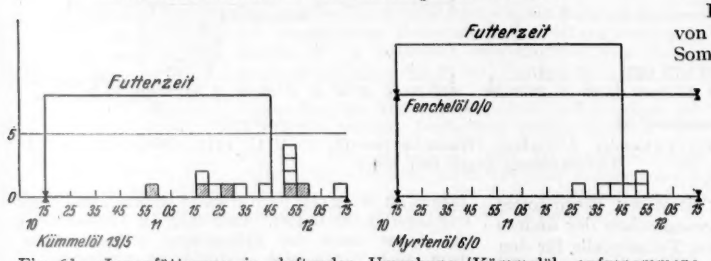


Fig. 6b. Innenfütterung in duftender Umgebung (Kümmelöl, aufgenommene Menge 75 ccm), 5. IX. 1942. Leicht bedeckt, ab 11 Uhr sonnig. Leichte Luftströmung vom Stock gegen den Beobachtungsplatz, ab 11.37 Uhr in umgekehrter Richtung. Schattentemperatur 19—20°.

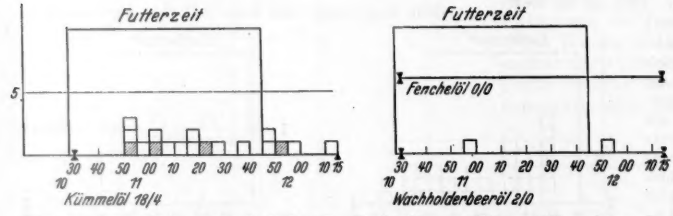


Fig. 6c. Innenfütterung mit duftender Zuckerlösung (Kümmelöl, aufgenommene Menge 10 ccm), 8. IX. 1942. Hochnebeldecke. Sonne mehrmals kurz durchdringend. Windstill, zeitweilig leiser Lufthauch gegen den Stock. Schattentemperatur 17—19°. — Weitere Erklärung s. Fig. 2.

sache in energischeren Werbetänzen bei Außenfütterung.

2. Läßt sich die duftende Umgebung durch duftendes Zuckerwasser ersetzen?

Das Anbringen einer Duftfläche neben der Futterquelle im Inneren des Stockes ist umständlich. Es wäre einfacher, das Futter selbst zu parfümieren. Auch dadurch wird die Umgebung mit dem Riechstoff geschwängert, und überdies mag das Verfüttern des duftenden Zuckerwassers an die Stockgenossen für die Übermittlung der Duftparole besonders günstig sein. Wieweit dies zutrifft, kann nur durch Versuche entschieden werden.

Am 11. VIII. 1942 wurde um 9.58 Uhr dem Bienenstock eine Futterflasche mit *100 ccm Zuckerlösung* aufgesetzt, der *1 Tropfen Lavendelöl beigemischt* war. Das Futter erhielt dadurch einen auch für unsere Nase deutlichen Lavendelduft. Der Futterteller wurde um 11 Uhr, also nach einer guten Stunde, wieder entfernt. Etwa 40 m abseits vom Stock waren in der Wiese 3 Duftplatten mit Lavendelöl, Kümmelöl und Apfelfruchtöl aufgelegt. Der Besuch wurde von 9.58—11.45 Uhr beobachtet und ist aus Fig. 7 zu ersehen.

Der Erfolg war der größte von allen Versuchen dieses Sommers. Es war ein entzückender Anblick, als die Bienen oftmals wie im Geschwaderflug entgegen der leichten Luftströmung, dicht über dem Boden, die Lavendelplatte ansteuerten. 207 waren es während der Futterstunde, 62 weitere in den folgenden $^3/_4$ Stunden. Die verspäteten Ankömmlinge, längere Zeit nach Entfernung des Futterballons, scheinen mir für die Innenfütterung bezeichnend (vgl. oben S. 448) und dürften auch hier Tiere gewesen sein, die vorher am Eintragen des Zuckerwassers im Stock beteiligt waren.

Die Beantwortung der Frage, ob die Fütterung mit duftendem Zuckerwasser *allgemein* bessere Ergebnisse zeitigt als die Fütterung in duftender Umgebung, stößt abermals auf die schon erwähnten Schwierigkeiten. Bei 2 Versuchen in bergamottduftender Umgebung waren am Beobachtungsplatz am 31. VIII. und am 1. IX. in jeweils $1^1/_2$ Stunden 209 und 93 Bienen angeflogen; bei einem Versuch am 2. IX. mit Innenfütterung und 1 Tropfen Bergamottöl im Zuckerwasser kamen am Beobachtungsplatz in $1^1/_2$ Stunden 63 Bienen (Fig. 8). Ihr verspätetes und weniger zahlreiches Kommen war wohl durch die *Windrichtung* beeinflußt; sie war am 2. IX. nur von 11.13 bis 11.26 Uhr, so wie bei den beiden anderen Versuchen, gegen den Stock gerichtet; diese vorübergehend günstige Luftströmung wirkt sich deutlich in einem verstärkten Besuch aus (Fig. 8).

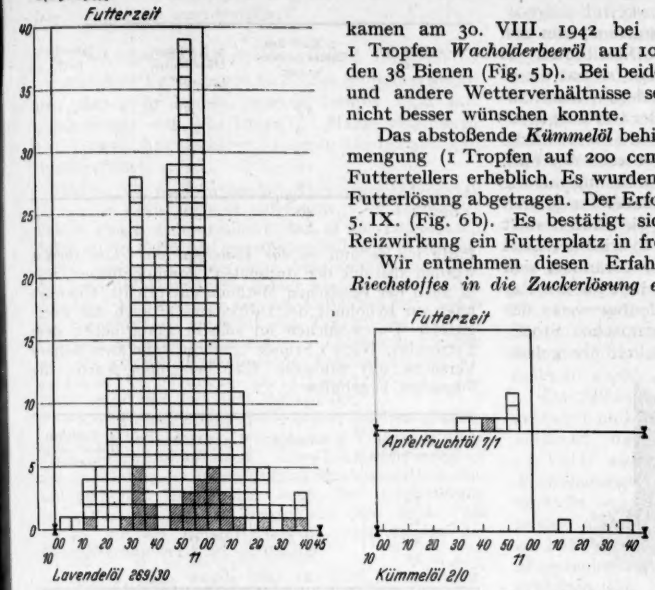


Fig. 7. Innenfütterung mit duftender Zuckerlösung (Lavendelöl, aufgenommene Menge 75 ccm), 11. VIII. 1942. Wolkenlos, leichter Windhauch vom Beobachtungsplatz gegen den Bienenstock. Sehr warm. — Weitere Erklärung s. Fig. 2.

kamen am 30. VIII. 1942 bei *Innenfütterung* und Zusatz von 1 Tropfen *Wacholderbeeröl* auf 100 ccm Zuckerwasser in $1^1/_2$ Stunden 38 Bienen (Fig. 5b). Bei beiden Versuchen waren Windrichtung und andere Wetterverhältnisse so übereinstimmend, wie man es nicht besser wünschen konnte.

Das abstoßende *Kümmelöl* behinderte auch bei geringfügiger Beimengung (1 Tropfen auf 200 ccm Zuckerwasser) den Besuch des Futtertellers erheblich. Es wurden in $1^1/_4$ Stunden nur 10 ccm der Futterlösung abgetragen. Der Erfolg (Fig. 6c) war so schlecht wie am 5. IX. (Fig. 6b). Es bestätigt sich, daß bei einem Riechstoff mit Reizwirkung ein Futterplatz in freier Luft günstiger ist (Fig. 6a).

Wir entnehmen diesen Erfahrungen, *daß das Einbringen des Riechstoffes in die Zuckerlösung eine ausgezeichnete Wirkung haben* ***kann***. Vor einer abschließenden, vergleichenden Beurteilung sind weitere Versuche notwendig.

Für die praktischen Bedürfnisse zur Lenkung des Bienenfluges ist auch eine andere Vorfrage wesentlich, der wir uns nun zuwenden.

3. Läßt sich der natürliche Blütenduft durch einen Blütenextrakt in Zuckerwasser ersetzen?

Bei der in Rußland üblichen Methode der Duftlenkung werden die Bienen im Stock mit Zuckerwasser gefüttert, welches durch Einlegen von Blüten mit deren Duft geschwängert worden ist (S. 446 l., Anm. 1). Es ist zu prüfen, ob es nicht ein besseres Verfahren gibt. Denn es erscheint fraglich, ob der Blütenduft unverändert auf das Zuckerwasser übergeht.

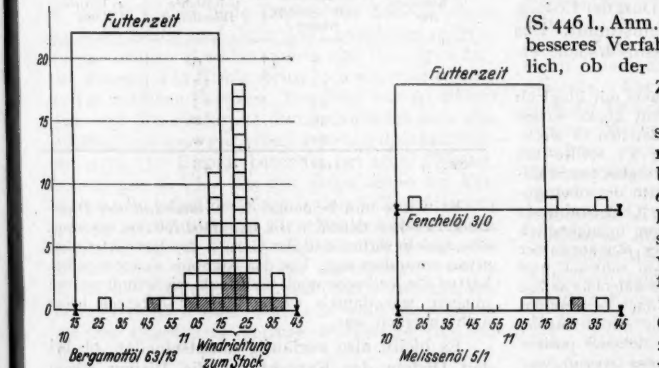


Fig. 8. Innenfütterung mit duftender Zuckerlösung (Bergamottöl, aufgenommene Menge 33 ccm), 2. IX. 1942. Sonnig. Leichter Wind quer zur Richtung gegen den Stock. Schattentemperatur 18—19°. Weitere Erklärung s. Fig. 2.

Will man die Bienen an bestimmte Blüten schicken, so muß man *denselben* Duft zur Anwendung bringen, den jene ausströmen. Mit *ähnlichen* Gerüchen ist nicht geholfen. Hierfür zunächst ein Beispiel: Das käufliche *Thymianöl*[1]) wird durch Destillation aus dem frischen, blühenden Kraut von *Thymus vulgaris* L. gewonnen. Sein Geruch ist dem der frischen Pflanzen verwandt. Trotzdem war es nicht möglich, durch Fütterung auf Thymianöl oder durch Kästchendressur auf diesen Riechstoff auch nur eine einzige Biene zum Befliegen frischer, blühender Thymianpflanzen (*Thymus vulgaris* L. und *Thymus serpyllum* L.) zu verleiten.

Auch die *Beschaffenheit der Riechstoffe* ist von Einfluß und macht sich in den folgenden Versuchen deutlich geltend.

Außenfütterung auf *Wacholderbeeröl* hatte schlechten Erfolg gehabt (29. VIII. 1942, Fig. 5a), was wir auf seinen schwachen Geruch zurückgeführt hatten. Es leuchtet ein, daß sich mit einem schwachen Duft eine bessere Wirkung erzielen läßt, wenn man ihn *im Inneren* des Stockes anwendet und dem Futter beimischt. Tatsächlich

Die Destillation ist ein grober Eingriff. Wird der Duft durch das Einlegen in Zuckerwasser besser in seiner Beschaffenheit und Zusammensetzung bewahrt? Darüber habe ich an den Blüten von Kohldisteln (*Cirsium oleraceum* SCOP.) einige Versuche angestellt.

[1]) „Thymianöl feinste Sorte Dab 6", bezogen von Schimmel & Co., Miltitz bei Leipzig.

Wenn man 25 frisch abgeschnittene, von den grünen Hochblättern befreite Distelblüten in 150 ccm Zuckerwasser (1 : 1) einlegt, so hat dieses nach einigen Stunden deutlich deren Duft angenommen. Allerdings erscheint der Geruch gegenüber dem frischer Distelblüten für die menschliche Nase ein wenig verändert. Das ist auch der Fall, wenn man zur Herstellung der Duftlösung nur die Blüten selbst, ohne den eng anschließenden grünen Hüllkelch verwendet. Legt man die Blüten statt in Zuckerlösung in reines Wasser, so wird der Duft auch von diesem angenommen, er verändert sich aber bei längerem Stehen viel rascher; nach 1 Tag war er ausgesprochen faulig. Offenbar wirkt der Zucker konservierend auf die organischen Stoffe, die aus den Blüten in die Flüssigkeit übergehen.

Fig. 9. Kartonkästchen für Duftdressur.

Uns interessiert nun weniger, ob für die eigene Nase, als ob für die *Bienennase* der Duft der Lösung mit dem der frischen Blüten übereinstimmt. Das kann man am besten durch Dressurversuche erfahren.

Am 25. VIII. wurden Bienen in einem mit Flugloch versehenen Kartonkästchen (Fig. 9) mit Zuckerwasser gefüttert. Daneben standen leere Kästchen in wechselnder Anordnung. Von 12.30 Uhr ab stellte ich in das Futterkästchen neben das Futterglas ein Schälchen mit Distelduftzuckerwasser, das in der oben geschilderten Weise gewonnen war. Durch ein Drahtnetz war das duftende Futter den Bienen unzugänglich gemacht. Sie sammelten geruchloses Zuckerwasser im duftenden Kästchen. Der Duft war schwach und für uns nur beim Beriechen des Duftschälchens selbst wahrnehmbar. Trotzdem fiel schon nach 2 Stunden ein Versuch mit sauberen Kästchen ohne Futter, deren eines ein Duftschälchen enthielt, deutlich positiv aus. In einem Vorversuch, vor Beginn der Dressur, war ein solches Duftkästchen nicht stärker beflogen worden als die anderen. Der Duft wurde also nicht primär bevorzugt, sondern erst infolge der Dressur. Diese wurde nun eine weitere Stunde fortgesetzt und gefestigt. Dann stellte ich 4 saubere Kästchen ohne Futter auf und brachte wieder in eines ein abgegittertes Schälchen mit Distelzuckerwasser, in ein anderes 3 frische Distelblüten. 5 Minuten lang wurden alle hineinschlüpfenden Bienen gezählt. Die Besuchsziffern waren von 3 Uhr 35 bis 3 Uhr 40 (s. obenstehende Tabelle).

Der Versuch zeigt, daß das Distelzuckerwasser *auch für die Bienen ähnlich riecht* wie die Distelblüten selbst. Denn beide Duftkästchen erhielten fast denselben Besuch.

Um die Dressur auf das recht schwach duftende *Distelzuckerwasser* noch eindringlicher zu gestalten,

1. Kästchen leer	2. Kästchen Distel-Zuckerwasser	3. Kästchen Distelblüten	4. Kästchen leer
0	12	5	0
0	9	8	0
1	3	13	0
0	10	2	2
1	6	8	5
Sa. 2	40	36	7

füllte ich es nun *in das Futterglas* ein. Die Bienen wurden also mit der duftenden Lösung gefüttert, was ja auch der russischen Methode entspricht. Überdies blieb zur Erhöhung der Duftintensität auch das übergitterte Duftschälchen an seinem Platz neben dem Futterglas. Nach 1 Stunde brachten dann zwei weitere Versuche mit sauberen Kästchen ohne Futter die folgenden Ergebnisse:

1. Kästchen 3 Distelblüten	2. Kästchen leer	3. Kästchen leer	4. Kästchen Distel-Zuckerwasser
15	0	1	20
28	2	1	38
21	1	0	36
16	1	1	39
15	2	1	41
Sa. 95	6	4	174

1. Kästchen leer	2. Kästchen Distel-Zuckerwasser	3. Kästchen 3 Distelblüten	4. Kästchen leer
0	7	6	0
0	17	13	2
4	23	13	0
0	34	12	0
1	25	4	0
Sa. 5	106	48	2

Es wurde nun beidemal der *Dressurduft des Distel-Zuckerwassers* deutlich *vor den Distelblüten bevorzugt*. Das spricht dafür, daß der Geruch des Extraktes doch etwas verändert war. Um das Ergebnis sicherzustellen, hätten die Versuche noch mehrmals wiederholt werden müssen, was damals wegen anderer Arbeiten leider nicht möglich war.

Es bleibt also vorläufig unentschieden, ob bei den Disteln der Extrakt für die Bienen *ebenso* duftet wie die frischen Blüten; zweifellos riechen beide für sie *ähnlich*.

Aber auch diese Erfahrung läßt sich keineswegs verallgemeinern. Beim *Raps* ist es uns nicht gelungen, einen Zuckerwasserextrakt herzustellen, der auch nur entfernt nach den frischen Rapsblüten riecht.

Aus diesen wenigen Tatsachen ist schon zu entnehmen, *daß die Möglichkeit, eine geeignete duftende Zuckerlösung zu gewinnen, für jede Blütensorte gesondert geprüft werden muß*. Hier bleibt noch viel Vorarbeit zu leisten.

Es ist nun die Frage, was man in jenen Fällen tun kann, wo der Extrakt versagt. Gibt es keinen

Weg, auch bei Innenfütterung im Stock den Duft frischer Blüten anzuwenden?

4. Die Anwendung frischer Blüten im Stock.

Auf dem Versuchsgut Grub bei München stand uns ein 40 m langes, 2,20 m breites Feld mit *Sommerraps* zur Verfügung[1]). Meine Schülerin Frl. LAMPE hat daselbst folgende Beobachtungen durchgeführt:

Am 19. VI. 1942 wurde ein mittelstarkes Bienenvolk 90 m vom Felde entfernt aufgestellt. Der Beflug des Feldes wurde so kontrolliert, daß es der Länge nach durch ein in der Mitte gespanntes Seil in zwei Streifen geteilt wurde, an denen beim Abschreiten von rechts und links die sammelnden Bienen leicht gezählt werden konnten. Da der Raps erst im Aufblühen war, nahm der Bienenbesuch zunächst von Tag zu Tag zu. Als Durchschnittsziffern aus meist 6 Zählungen ergaben sich am 19. VI. 28 sammelnde Bienen, am 20. VI. 44, am 22. VI. 68, am 24. VI. 111, am 27. VI. 113. Die Blüte stand nun auf dem Höhepunkt.

Durch Reizfütterung mit 100 ccm *duftloser Zuckerlösung* 1:1 ließ sich der Beflug in zwei Versuchen nicht nennenswert beeinflussen. Die Zählungen ergaben am 27. VI. vor der Reizfütterung durchschnittlich 113, während und unmittelbar nach der Reizfütterung (15.20—16.05 Uhr) 117 Bienen auf dem Felde; am 30. VI. vor der Reizfütterung 94, nach Beginn der Reizfütterung (11 Uhr) 99 Bienen.

Am 1. VII. wurde um 11 Uhr eine Futterflasche mit 150 ccm Zuckerwasser aufgesetzt, unter dem Futterteller ein weitmaschiges, für Bienen passierbares Drahtnetz angebracht und auf dieses eine Anzahl *Rapsblütenstände* gelegt, so daß die Bienen beim Trinken des Zuckerwassers an ihnen sitzen und ihren Duft annehmen sollten, wie bei meinen alten Versuchen über die „Sprache" der Bienen. Ein Erfolg stellte sich ein, aber er hielt sich in mäßigen Grenzen. Das Feld war an diesem Tage vor der Fütterung durchschnittlich von 109, während und kurz nach der Fütterung durchschnittlich von 139 Bienen besucht; bei einer Wiederholung am 3. VII., als der Raps schon im Verblühen war, stieg der Besuch durch die Fütterung von 39 auf 67 Bienen. Eine Nachschau im Stock ergab in beiden Fällen, *daß die Blüten von den Bienen durch das Drahtgitter davongezerrt wurden*, so daß der gewünschte Kontakt nur vorübergehend erreicht worden war. Dies war wohl die Ursache für die unerwartet geringe Steigerung des Befluges.

Frl. LAMPE übernahm ferner die Aufgabe, an 2 *Rotkleefeldern* in Poing und in Markt Schwaben, die etwa 4 km voneinander entfernt lagen, Versuche anzustellen[2]). Nach Poing gebrachte Krainer Bienenvölker sollten auf den Kleeduft dressiert, nach Markt Schwaben gebrachte nur mit gleichen Mengen duftlosen Zuckerwassers gefüttert werden. Es war beabsichtigt, an jedem der beiden etwa 1,5 ha großen Rotkleefelder auf einem abgesteckten 40 m langen, 1 m breiten Streifen den Beflug zu kontrollieren, das Gewicht der Völker laufend zu verfolgen und den Samenertrag der Felder zu vergleichen. Dieser Plan scheiterte daran, daß in Poing die Duftdressur versagte. Trotz nächtlicher Fütterung mit Kleeduftzuckerwasser nach der russischen Methode wurde das Feld von den Bienen fast nicht beflogen, und auch mehrmals wiederholte Tagesfütterungen im Stock von einem Futterteller, der mit frischen Kleeblüten umkränzt war, hatten keinen bleibenden Erfolg. Einige anfliegende Bienen zogen nach kurzer Untersuchung der Blüten wieder ab; man hatte den Eindruck, daß ihre Bemühungen umsonst waren, während Hummeln in großer Zahl eifrig sammelten.

Daraufhin wurde der ursprüngliche Plan abgeändert und in Markt Schwaben eine Duftdressur versucht, hier mit Erfolg. Vom 29. VII bis 14. VIII. 1942 waren daselbst nur wiederholte *Reizfütterungen mit duftlosem Zuckerwasser* verabreicht worden. In dieser Zeit ergaben 36 Kontrollen einen *Durchschnittsbesuch von etwas mehr als 1 Biene* (Durchschnittswert 1,3) auf dem ganzen abgesteckten Streifen. Am 14. VIII. gegen Mittag erhielten die Bienen 150 ccm *Zuckerwasser von einem mit Kleeblüten umkränzten Futterteller*. Das Wegschleppen der Blüten durch die Bienen war durch ein Drahtnetz unmöglich gemacht. Am Nachmittag verhinderte Regenwetter die Beobachtung, aber am 15. VIII. summten Bienen auf dem ganzen Kleefeld, und 4 Zählungen ergaben einen Durchschnittswert von 16 Bienen auf dem Streifen. Nach Wiederholung der Duftfütterung stieg die Besuchsziffer noch am selben Tage auf 33. Weitere Wiederholungen an den folgenden Tagen brachten keine wesentliche Verbesserung mehr. Bei insgesamt 51 Kontrollen *nach Beginn der Duftfütterung* (vom 15.—29. VIII.) *war die durchschnittliche Besucherzahl des Beobachtungsstreifens 29 Bienen. Sie war also auf das 22fache gestiegen.*

Bei der Messung von je 20 Blüten aus 10 Blütenköpfchen stellte sich heraus, daß die Kronröhren bei dem Klee von Poing um 0,9 mm länger waren als beim Klee von Markt Schwaben (durchschnittliche Röhrenlänge 8,08 gegen 7,16 mm). Wahrscheinlich war der Nektar in den tieferen Kronröhren von Poing den Bienen nicht zugänglich[1]). Die vergeblichen Anflüge an diesen Blüten waren

[1]) Dem Leiter des Versuchsgutes, Herrn Landwirtschaftsrat SCHREIBAUER, sei für sein freundliches Entgegenkommen bestens gedankt.

[2]) Herrn Prof. WALTHER, Baihof bei Poing, sind wir für seine freundliche Unterstützung bei der Planung und Durchführung dieses Versuches zu Dank verpflichtet.

[1]) Vgl. G. GOETZE, Rotklee und Honigbiene. Biol. generalis (Wien) 16, 392—407 (1942). — Die Nektarproduktion, beurteilt nach den abgeschiedenen Zuckermengen, war auf beiden Kleefeldern nicht nennenswert verschieden. Frl. SCHÖNTAG fand bei Untersuchung von je 500 Blüten für den Rotklee von Poing eine Zuckerabscheidung von 0,030 mg, für den von Markt Schwaben eine solche von 0,023 mg im Durchschnitt für 1 Blüte in 24 Stunden. Der weniger besuchte, langröhrige Klee war also sogar etwas produktiver — doch liegt der Unterschied innerhalb der Fehlergrenze.

ja augenfällig gewesen. *Wo aber nichts zu holen ist, bleibt jegliche Duftlenkung so zwecklos wie eine Reklame für ein Wirtshaus, in dem nichts ausgeschenkt wird.*

Man sieht aus dieser Erfahrung, wie wichtig bei solchen Versuchen die Verwendung gleichen Saatgutes und möglichst weitgehende Übereinstimmung aller anderen Bedingungen auf den Vergleichsfeldern ist. Im vorliegenden Falle war es für solche Vorbereitungen zu spät gewesen.

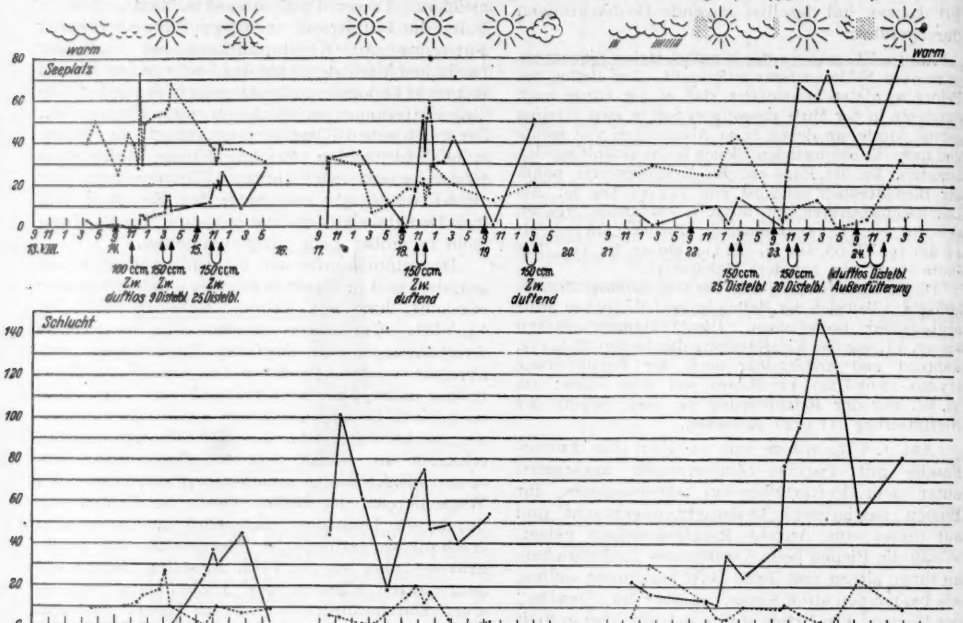


Fig. 10. Duftstofflenkung auf Kohldisteln. Oben: Seeplatz. Unten: Schlucht. Erklärung im Text.

Während der Sommerferien führte ich vom 13.—24. VIII. einen Versuch an *Kohldisteln* (*Cirsium oleraceum* SCOP.) durch. Es ist dies eine von Imkern geschätzte Spätsommertrachtpflanze. Auf den Wiesen in und um Brunnwinkl blühte sie zerstreut, stellenweise in dichteren Beständen, war aber weit überwiegend von Hummeln besucht. Die Absicht war, das schon erwähnte Krainer Bienenvolk an die Disteln zu schicken. Ich wählte als Beobachtungsplätze 3 Distelgruppen: am *Seeufer*, 100 m westlich vom Stock, auf einer Fläche von 6 × 12 m etwa 50 blühende Distelpflanzen; in einer *Schlucht* 80 m südöstlich vom Stock auf einer Fläche von 5 × 12 m etwa 150, und auf einer Anhöhe (*Schusterbergerl*) etwa 80 m südlich vom Stock auf einer Fläche von 8 × 10 m etwa 30 blühende Distelpflanzen. Die letztgenannte Distelgruppe war zu klein und stand auch ungünstig auf einer dem Wind ausgesetzten Höhe. Die Ergebnisse waren hier weniger deutlich als an den beiden anderen Plätzen, auf die ich mich bei der Beschreibung und bildlichen Darstellung beschränke; in der Übersichtstabelle der Besucherzahlen sind aber alle 3 Plätze berücksichtigt (S. 455, Tab. 1).

Zur Beobachtung des Besuches wurde jedesmal eine Distelgruppe in $^1/_4$ Stunde 15mal abgeschritten und mit der Uhr in der Hand für jede Minute die Zahl der an den Blüten sammelnden Bienen und Hummeln vermerkt[1]). Natürlich wurden auf diese Weise manche Sammlerinnen wiederholt gezählt. Aber die so erhaltenen Zahlensummen geben doch für jede Viertelstunde ein gutes Bild von der Intensität des Besuches und einen zuverlässigeren Vergleichswert als die im einzelnen nicht übersehbaren An- und Abflüge. Wir haben die Hummeln als erwünschte Kontrolle mitgezählt. Ihre anfängliche Anwesenheit war ein Zeichen, daß das Fehlen der Bienen nicht auf Nektarmangel zurückzuführen war. Ihr gleichmäßiger und sogar abnehmender Besuch späterhin macht das gegenteilige Verhalten der Bienen noch eindrucksvoller.

Verlauf und Ergebnis des Versuches sind in Fig. 10 dargestellt. Die oben angebrachten Sym-

[1]) Meiner Frau danke ich für ihre ausdauernde Hilfe.

bole deuten die jeweilige Witterung an (Punktierung = Nebel). Die Kurvenpunkte bedeuten für die auf der Abszisse aufgetragene Beobachtungszeit die Zahl der in $^1/_4$ Stunde gezählten Bienen (ausgezogene Kurve) und Hummeln (punktierte Kurve).

Am 13. VIII. wurden bei warmem Wetter und bedecktem Himmel an beiden Plätzen in $^3/_4$ Stunden insgesamt 3 sammelnde Bienen, aber 99 Hummeln an den Disteln gesehen, am 14. VIII. Vormittag in weiteren $^3/_4$ Stunden 2 Bienen und 79 Hummeln.

Nach einer *Reizfütterung mit 100 ccm reinem duftlosem Zuckerwasser* um 11 Uhr war in der Schlucht alles beim Alten (in $^3/_4$ Beobachtungsstunden 1 Biene, 45 Hummeln), während am Seeplatz der Bienenbesuch leicht gesteigert war — vielleicht nur infolge der durchbrechenden Sonne, denn auch der Hummelbesuch erfuhr gleichzeitig einen Anstieg (in $1^1/_2$ Stunden 22 Bienen, 272 Hummeln). Als *Durchschnittsbesuch* ergibt sich aus den $3^3/_4$ Beobachtungsstunden *vor der Duftfütterung je $^1/_4$ Stunde: 2 Bienen, 33 Hummeln.*

Am Nachmittag des 14. VIII. und am 15. VIII. Vormittag wurde *im Bienenstock auf Disteln alarmiert.* Zu diesem Zweck füllte ich in den Drahtkorb (*K* in Fig. 3, S. 448) frisch gepflückte Distelblüten[1]) und setzte dann die Futterflasche mit 150 ccm Zuckerlösung 1:1 auf. Die Bienen versuchten auch hier die Blüten wegzuzerren, was ihnen aber infolge des Drahtkorbes, durch den sie durchkriechen mußten, nicht gelungen ist. Nach Leerung der Flasche, die etwa 1 Stunde in Anspruch nahm, wurden die Blüten entfernt. Ihr Duft war für meine Nase unverändert. Die 9 eingefüllten Blüten beim ersten Versuch waren zu wenig, erst als ich bei der zweiten Fütterung 25 Blüten in den Korb gab, reichten sie über den Tellerrand, so daß die Bienen beim Trinken auf ihnen saßen. An den Beobachtungsplätzen stieg der Bienenbesuch gewaltig an und hob sich in der Schlucht weit über den Hummelbesuch. Es wurde vorwiegend Nektar, nur wenig Blütenstaub gesammelt. Der Abfall der Kurve am 15. VIII. abends (Fig. 10) ist darauf zurückzuführen, daß der Schluchtplatz seit 4 Uhr bereits in tiefem Schatten lag.

[1]) Am besten nimmt man frisch aufgeblühte, sie duften stärker als die älteren, an der veränderten Färbung leicht kenntlichen Blüten.

Am 16. VIII. wurde nicht beobachtet. Am 17. VIII. sind wieder an beiden Plätzen die Bienen zahlreicher als die Hummeln. Bis zum 18. VIII. 11 Uhr errechnet sich als *Durchschnittswert* seit Beginn der ersten Duftfütterung aus insgesamt $8^1/_4$ Beobachtungsstunden die Zahl von *26 Bienen und 24 Hummeln je $^1/_4$ Stunde.*

Ich wollte nun sehen, ob sich durch *Fütterung mit distelduftender Zuckerlösung*, nach der russischen Methode hergestellt, der Besuch der Blüten noch weiter heben ließe. Zu diesem Zwecke wurden am 18. VIII. morgens 30 frisch gepflückte Distelblüten in einem Glasgefäß mit 200 ccm Zuckerlösung übergossen. Nach 4 Stunden hatte die Lösung den Duft angenommen. Um 11 Uhr wurden 150 ccm des duftenden Zuckerwassers eingefüttert. Eine weitere Steigerung des Bienenbesuches war deutlich. Der *durchschnittliche Beflug je $^1/_4$ Stunde* an beiden Plätzen beträgt an diesem und dem folgenden Tage in $3^3/_4$ Beobachtungsstunden: *45 Bienen und 16 Hummeln.* Eine zweite Fütterung mit Distelzuckerwasser am Nachmittage des 19. VIII. diente einem anderen Versuch und kann nur für die letzte Zählung am Seeplatz noch von Bedeutung gewesen sein.

Am 20. VIII. wurde nicht beobachtet. Am 21. VIII. und am 22. VIII. bis 2 Uhr war der durchschnittliche Besuch, zum Teil wohl durch die ungünstige Witterung bedingt, auf 13 Bienen und 20 Hummeln je $^1/_4$ Stunde zurückgegangen ($2^1/_2$ Beobachtungsstunden). Ich fütterte nun am 22. und 23. VIII. noch zweimal je 150 ccm Zuckerwasser aus dem *mit frischen Distelblüten* umgebenen Futterteller[1]). Der *durchschnittliche Besuch* in den $4^1/_2$ Beobachtungsstunden vom Beginn dieser neuerlichen Duftfütterung bis zum Abschluß des Versuches brachte den gewaltigen Anstieg auf *66 Bienen gegen 11 Hummeln.*

In Tabelle 1 ist der durchschnittliche Besuch je Viertelstunde in den verschiedenen Etappen des Versuches gesondert für alle 3 Beobachtungsplätze übersichtlich zusammengestellt. *Der Bienenbesuch der Distelblüten steigt nach Beginn der Duftfütterungen insgesamt auf mehr als das 12fache an*

[1]) Am 24. VIII. wurden überdies einige gezeichnete Bienen außerhalb des Stockes auf Distelblüten gefüttert, was aber nur noch auf die letzte Zählung Einfluß gehabt haben kann.

Tabelle 1. Duftlenkung auf Kohldisteln, Blütenbesuch je $^1/_4$ Stunde (Durchschnittswerte; n = Anzahl der Beobachtungsviertelstunden, die dem Durchschnittswert zugrunde liegen).

	I. Seeplatz			II. Schusterbergerl			III. Schlucht		
	Bienen	Hummeln	n	Bienen	Hummeln	n	Bienen	Hummeln	n
Vor der Duftfütterung. 13. VIII. bis 14. VIII., 14.30 Uhr . .	2,6	43,1	10	3,0	14,4	5	0,4	12,8	5
Nach Innenfütterung zwischen Distelblüten. 14. VIII., 15 Uhr, bis 18. VIII., 11 Uhr. .	17,1	34,8	19	3,0	8,1	14	37,9	9,1	14
Nach Innenfütterung mit Distelzuckerwasser, 18. VIII., 11.15 Uhr, bis 19. VIII. . .	40,4	20,5	10	9,0	4,8	6	52,8	7,2	5
Vor neuerlicher Duftdressur. 21. bis 22. VIII., 14 Uhr . .	5,8	28,8	5	7,4	9,2	5	19,2	11,2	5
Nach neuerlicher Innenfütterung zwischen Distelblüten. 22. VIII., 14 Uhr, bis 24. VIII.	46,0	12,9	9	8,3	11,3	8	85,9	8,7	9

(bei Ausschaltung des ungünstigen Platzes auf dem Schusterbergerl sogar auf mehr als das 30fache), während der Hummelbesuch etwas zurückgeht — vielleicht weil der Nektar infolge der starken Konkurrenz durch die Bienen zu spärlich wird.

Der Erfolg der Duftfütterungen kam aber keineswegs nur in den erhöhten Besucherzahlen zum Ausdruck, sondern auch in einem *gesteigerten Eifer der Sammlerinnen*. Sie gaben sich ihrer Tätigkeit mit Inbrunst hin. Im Kopfstand bohrten sie sich tief in die Blüten hinein. Auch waren sie morgens schon früher am Werk als an den vergangenen Tagen und sammelten in der Schlucht noch im tiefen Schatten am späten Nachmittag mit unverminderter Emsigkeit.

Man kann aus dem Versuch entnehmen, daß eine *Wiederholung* der Duftfütterungen das Ergebnis verbessert und daß bei der Kohldistel sowohl die Fütterung an frischen, duftenden Blüten wie auch das Verfüttern von duftendem Zuckerwasser erfolgreich ist; ein Urteil darüber, ob eine der beiden Methoden der anderen überlegen ist, läßt sich noch nicht fällen.

Kohldisteln haben einen *schwachen Blütenduft*. Ich habe sie schon einmal, vor 20 Jahren, als Versuchspflanzen gewählt, um zu sehen, ob die Verständigung der Bienen über eine ergiebige Trachtquelle durch den der Sammlerin anhaftenden Geruch bei sehr schwach duftenden Blüten nicht versagt. Damals haben einige gezeichnete, an Disteln sammelnde Bienen durch ihre Tänze binnen $1^1/_2$ Stunden 20 Neulinge an einen beobachteten Distelstrauß geschickt[1]). Ein zahlenmäßig ähnliches Ergebnis brachte eine Wiederholung des Versuches in diesem Sommer. Der Zustrom an Neulingen ist sehr viel lebhafter bei Verwendung von stärker duftenden Blüten[2]). Daher wird man *auch bei der praktischen Nutzanwendung eine um so bessere Wirkung erwarten dürfen, je intensiver der Blütenduft ist.*

Aus den Kurven der Fig. 10 ist ersichtlich, daß eine Steigerung des Befluges bisweilen nicht *während* der Duftfütterung, sondern erst in den folgenden Stunden oder am nächsten Tag in Erscheinung trat. Es mögen die alarmierten Stockgenossen in solchen Fällen zunächst an günstiger gelegene Distelbestände geflogen sein. Es dürfte aber auch etwas anderes mitgespielt haben: bei der hier angewandten Methode der Duftalarmierung im Stock ist zu erwarten, daß *während* der Fütterung die durch Tänze mobilisierten Stockgenossen, *nach* der Fütterung aber die auf Distelduft dressierten Sammlerinnen selbst nach den Blüten ausfliegen. Durch die Glasscheibe ließ sich beobachten, daß die beim Futterteller verkehrenden Bienen nicht nur über die Distelblüten wegkrochen, sondern sie auch eingehend untersuchten und sich in sie verbohrten. Mit den Blüten auf diese Weise vertraut geworden, werden sie sie draußen mit erhöhter Sicherheit anfliegen und *nach* der Futterzeit noch eine Steigerung der Frequenz herbeiführen. So kann bei unserer Anordnung die Alarmierung der Stockgenossen durch Tänze und die unmittelbare Dressur der gefütterten Bienen zusammenwirken, um den Beflug zu steigern. Wieweit diese Vermutungen zutreffen, müssen künftige Versuche lehren.

Am 8. VII. 1942 bemühte ich mich mit Frl. Lampe im Garten des Versuchsgutes Grub, unsere Bienen an ein kleines, nicht beflogenes, blühendes *Senf*beet (1,50 × 1,50 m) zu schicken. Von 10.00 bis 10.30 Uhr war keine Biene an den Blüten. Von 10.40—11.55 Uhr erhielt unser Krainer Bienenstock, der 90 m vom Feld entfernt aufgestellt war, 150 ccm Zuckerwasser von einem mit Senfblüten umgebenen Futterteller. Während der ganzen Fütterungszeit kamen nur 4 Bienen an das Senfbeet, von denen 3 die Blüten untersuchten, aber offensichtlich nichts fanden. Bei Abschluß des Versuches mußten wir feststellen, *daß die Blüten im Bienenstock ihren Duft völlig verloren hatten.* Über den kümmerlichen Erfolg konnte man sich unter diesen Umständen nicht wundern.

Blumen, die unter den Bedingungen des Versuches ihren Duft rasch verändern oder verlieren, sind für unser Vorhaben ebenso ungeeignet wie Blüten, die von vornherein duftlos sind. Müssen wir bei solchen Pflanzen auf jede Lenkung des Bienenfluges verzichten, oder ist ein Weg denkbar, der auch hier zum Ziele führen kann?

5. Versuche mit blütenfremden Lockdüften.

Auf S. 447 wurde beschrieben, wie bei Fütterung von Bienen in duftender Umgebung eine abseits ins Gras gelegte entsprechende Duftplatte zahlreiche Anflüge erlebt. Hierbei lassen sich manche von den Ankömmlingen auf der mit dem Duftstoff betropften Papierfläche nieder, anderen erscheint dieser Gegenstand wohl allzu wenig blumenähnlich, und sie versuchen ihr Glück an unmittelbar benachbarten, im Bereich der Duftwolken liegenden Gänseblümchen, Grashalmen und anderen Gewächsen. In einem Gespräch über diese Beobachtung machte Prof. Wirz den Vorschlag, bei der Reizfütterung statt der umständlichen Blütendressur einen einheitlichen Duftstoff zu benützen, der gleichzeitg an die Blüten gestäubt wird, die beflogen werden sollen. Theoretisch ist das einleuchtend. Über einige praktische Vorversuche sei im folgenden berichtet.

In unserem Harlachinger Garten nahe der Münchner Stadtgrenze stand am 1. VII. 1942 hellblauer *Rittersporn* (*Delphinium elatum* L., Gartenrasse) in Blüte. Es war mir aufgefallen, daß er vorwiegend von Hummeln, wenig von Bienen besucht wurde. An einem künstlichen Futterplatz wurde eine Bienenschar eines im Garten aufgestellten Krainer Volkes von 14.30 Uhr ab in einem nach *Thymianöl* duftenden Kartonkästchen gefüttert. An 12 Blütenständen des Ritterspornes

[1]) Über die „Sprache" der Bienen, l. c. S. 129.
[2]) Ebenda S. 127.

sah ich während 9 Minuten 1 Biene und 5 Hummeln sammeln. Nun besprühte ich den Rittersporn durch einen gläsernen Zerstäuber mit Wasser, das mit einigen Tropfen Thymianöl geschüttelt worden war. Darauf wurden in 9 weiteren Minuten 2 Bienen- und 3 Hummelbesuche, bei einer Nachschau 20 Minuten später aber schon 6 gleichzeitig sammelnde Bienen neben 1 Hummel gesehen. Die Bienen blieben nun vorherrschend, auch als sich der Duft längst verflüchtigt hatte, und sie gingen auch auf benachbarte, nicht eingeduftete Blütenstände über. Bei Kontrollen nach 3 und 4 Tagen hatte sich daran, ohne neuerliche Maßnahmen, nichts geändert.

In derselben Weise ließen sich die Bienen zum Sammeln an vorher kaum besuchten *Bohnen*blüten (*Phaseolus multiflorus* LKM. *var. coccineus* L.) veranlassen. Es gelang auch, sie mit dem Thymianöl an ein gelbblühendes *Sedum* (*S. acre* L.) und an ungefüllte *Rosen* (*Rosa hybrida polyantha hort.* KIRSTEN POULSON) zu locken, doch fanden sie hier keine Tracht, und so kam es nicht zu anhaltendem Beflug.

Die bisher genannten Blüten haben gemeinsam, daß sie nur schwach oder nicht duften. An den stark riechenden Blüten von *Gartenjasmin* (*Philadelphus*) und von *Holunder* (*Sambucus nigra* L.) blieb die Methode ohne Erfolg. Es kam nur kurz nach dem Aufstäuben des Duftwassers zu einigen flüchtigen Anflügen, die bald ganz ausblieben. Wahrscheinlich machte sich der Eigenduft als fremde Komponente geltend, die um so mehr hervortreten mußte, wenn der aufgestäubte Thymianduft allmählich verflog.

In allen diesen Fällen war eine Bienenschar außerhalb des Stockes in einem mit Thymianöl versehenen Kartonkästchen gefüttert worden. Für die Praxis ist aber die Innenfütterung vorteilhafter. Darum benützte ich während der Sommerferien eine gegebene Gelegenheit zu folgendem Versuch:

Nicht weit von dem in Brunnwinkl aufgestellten Krainer Bienenvolk blühte im August ein *Kartoffel*feld, von dem ein 3 m breiter und 24 m langer Streifen abgesteckt wurde.

Am 11. VIII. sah ich in 45 Minuten, bei 45maligem Abschreiten des Streifens, keine einzige Biene an den Blüten. Auch andere Insekten flogen nur spärlich und flüchtig an. Am 12. VIII. war in 45 Minuten überhaupt kein Insektenbesuch festzustellen. Das Bienenvolk erhielt nun von 10.45—11.45 eine Reizfütterung mit *duftlosem Zuckerwasser*. Auch während dieser Stunde war kein einziger Bienenanflug zu beobachten. Um 15 Uhr setzte ich eine Futterflasche mit 100 ccm Zuckerlösung auf, der 1 *Tropfen Lavendelöl* beigemischt war. Über die ganze Länge des Beobachtungsstreifens hin wurden etwa 30 Einzelblüten mit je einem Tröpfchen Lavendelöl versehen. In der folgenden Stunde *flogen 36 Bienen an, von denen sich 8 auf die Blüten gesetzt haben*. Sie bevorzugten dabei keineswegs die unmittelbar betropften Stellen, sondern suchten allenthalben im Bereich der Duftwolken. Nur in einem Falle kam es zu richtigen Saugversuchen.

Es war also gelungen, durch die Duftfütterung im Stock die Bienen hinzulenken. Aber wir finden abermals bestätigt, daß ein wirkungsvoller und anhaltender Beflug nicht erreicht werden kann, wenn die Blüten nichts bieten. Kartoffelblüten führen nach KNUTH keinen Nektar und, bei kultivierten Pflanzen, häufig auch keinen Pollen (16). Tatsächlich ließ sich von den gelbgefärbten Antheren kein Blütenstaub abkratzen.

Das Ergebnis dieser wenigen Versuche berechtigt zu der Erwartung, *daß man durch Fütterung mit duftendem Zuckerwasser im Stock den Beflug von Blüten veranlassen kann, die mit dem gleichen Duft bestäubt worden sind* — unter der Voraussetzung, daß sie Tracht bieten und daß sie keinen starken Eigenduft haben. Die Methode könnte also da einspringen, wo die Blüten zur Lenkung des Bienenfluges nicht verwendbar sind, weil sie nicht oder zu schwach duften. Ob sich ein solches Verfahren lohnen kann, wird sich erst nach gründlicher Bearbeitung weiterer Vorfragen beurteilen lassen.

6. Fütterungszeit und Fütterungsweise.

Über diese wichtigen Punkte läßt sich leider noch nicht viel sagen. Ich habe schon darauf hingewiesen, daß sich die Werbetänze der Bienen nur bei Fütterung während der Flugzeit auswirken können, während es bei nächtlicher Verabreichung der Duftlösung wohl die gefütterten und auf den Duft dressierten Bienen selbst sind, die am folgenden Tage die Blüten befliegen. Ob Reizfütterungen im Stock tagsüber zulässig sind oder wegen der Gefahr von Räuberei vermieden werden müssen, ist eine imkerliche Frage, die nicht allgemeingültig zu entscheiden sein wird. Beim Einhalten gewisser Vorsichtsmaßnahmen sind wahrscheinlich Tagesfütterungen auf vielen Ständen durchführbar. Deshalb sollten wir wissen, ob unter sonst gleichen Bedingungen die Verabreichung der Duftlösungen abends, nachts, am Morgen oder während der Flugzeit den besten Erfolg bringt. Versuche darüber sind für den nächsten Sommer in Aussicht genommen.

Aber auch die Fütterungs*weise* muß noch gründlich erprobt werden. Es sei nur auf eines hingewiesen: Die Fütterung außerhalb des Stockes wäre für unsere Zwecke rationeller als die Innenfütterung. Denn man erreicht denselben Beflug mit einer viel geringeren Menge Zuckerwasser (vgl. S. 449). Leider führt Außenfütterung in der Nähe des Standes leicht zu unerträglicher Räuberei. Es fragt sich nun, ob man die Fütterung im Stock nicht so gestalten kann, daß die Vorteile der Außenfütterung wenigstens teilweise gewahrt bleiben. Versuche darüber sind im Gang, aber noch nicht spruchreif.

7. Grenzen der Methode.

Nach den bisherigen Beobachtungen steht zu erwarten, daß man durch eine zweckmäßig angelegte Duftfütterung mehreres erreichen kann: den *raschen Beflug* einer bestimmten Trachtpflanze, eine *zahlenmäßige Steigerung des Befluges*, aber

auch eine *Steigerung der Arbeitsintensität* der Bienen und eine *Verlängerung ihrer Arbeitszeit*. Eines wird man jedoch nicht erreichen: daß sie Blüten mit Ausdauer befliegen, an denen für sie nichts zu holen ist. In solchen Fällen wird es nur zu flüchtigen Besuchen kommen, die für eine wirkungsvolle Bestäubung schwerlich ausreichen können. Es wird also auch da, wo der Beflug ausschließlich vom gärtnerischen Standpunkt und nicht zur Steigerung der Honigernte gewünscht wird, eine gewisse Tracht die unerläßliche Voraussetzung für die Anwendung der Methode sein. Darauf wurde bei der Besprechung der Versuche schon mehrfach hingewiesen.

Aber auch einer anderen Begrenzung muß man sich bewußt sein: Bei gleichzeitigem Blühen mehrerer Trachtpflanzen machen diese sich wechselseitig Konkurrenz. Man wird von den Duftfütterungen erwarten, daß es mit ihrer Hilfe gelingt, die Bienen trotz anderer reicher Nektarquellen auf eine bestimmte Pflanze hinzulenken. Es ist aber unter Umständen, besonders im Frühjahr, die Anziehungskraft mancher Trachten so groß, daß die Bienen selbst den Lockungen einer konzentrierten Zuckerlösung widerstehen. Dann ist naturgemäß auch die Duftlenkung erschwert. Vielleicht kann in solchen Fällen die Verwendung von Völkern, die mit Jungbienen angereichert sind, Abhilfe bringen (vgl. S. 446).

8. Die auf Anordnung der Reichsfachgruppe Imker im Sommer 1942 durchgeführten Versuche zur Duftstofflenkung.

Auf Anordnung der Reichsfachgruppe Imker (17) wurden im Frühjahr und Sommer 1942 an 58 Stellen des Reiches durch Bienenzuchtberater und andere Imker Duftstofflenkungsversuche durchgeführt, deren Protokolle mir zur Bearbeitung zugingen. Es sollte von den Beobachtern geprüft werden, ob durch eine Duftlenkung *bei Kulturpflanzen* 1. die Intensität des Befluges, 2. der Samenertrag, 3. der Honigertrag gesteigert werden kann und 4. ob durch Duftlenkung *auf Wildpflanzen* eine Verbesserung der Honigernte zu erzielen ist. Die Duftlenkung war vergleichweise nach 2 Methoden vorzunehmen: A nach russischer Art mit duftendem Zuckerwasser, B nach meinem Vorschlag mit frischen duftenden Blüten. Es sollten bei jedem Versuch 4 Gruppen mit je drei Bienenvölkern gebildet werden, von welchen Gruppe I unbeeinflußt bleiben mußte, Gruppe II mit duftloser Zuckerlösung, Gruppe III mit Duftstoff A (duftendem Zuckerwasser), Gruppe IV mit Duftstoff B (Zuckerwasser, mit frischen Blüten umgeben) zu füttern war. Für die Aufstellung der Gruppen war leider — aus technischen Gründen — keine ausreichende Entfernung vorgeschrieben, so daß sich die Flugkreise der einzelnen Gruppen fast immer überschnitten haben. Infolgedessen konnten zahlenmäßig brauchbare Vergleichswerte für den Beflug nur in wenigen Fällen, für den Samenertrag überhaupt nicht[1]) gewonnen werden. Bedenkt man, daß überdies manche methodischen Voraussetzungen noch ungenügend geklärt waren, so wird man weniger über die Fehlschläge als über die positiven Ergebnisse dieses großzügigen Vorversuches erstaunt sein.

Am häufigsten (22mal) wurde der *Rotklee* als Versuchspflanze gewählt, bei dem ja ein Mittel zur Steigerung des Samenertrages landwirtschaftlich besonders erwünscht wäre. Über eine *Steigerung des Befluges durch die duftgelenkten Völker* liegen einige zahlenmäßige Angaben vor[2]), andere

[1]) Hier kommt hinzu, daß bei den Vergleichsfeldern die Voraussetzungen der Gleichheit des Saatgutes, der Bodenbeschaffenheit, Düngung usw. nicht hinreichend erfüllt waren.

[2]) Wer sich für Einzelheiten interessiert, sei auf den ausführlicheren Bericht über diese Versuche im Deutschen Imkerführer, April 1943, verwiesen.

Tabelle 2. Übersicht über imkerliche Ertragssteigerungen durch Duftstofflenkung in den von der Reichsfachgruppe Imker veranlaßten Vorversuchen.

Versuchspflanze	Zahl der verwertbaren Versuche	Bei den duftgelenkten Völkern war gegenüber den duftlos gefütterten Kontrollvölkern *pro Volk* im Durchschnitt die *Gewichtszunahme vermehrt um* (Duftstoff A)	(Duftstoff B)	der *Honigertrag vermehrt um* (Duftstoff A)	(Duftstoff B)
Rotklee (*Trifolium pratense L. var. sativum* SCHREBER)	12 u. 9	0,3 kg = 52%	0,1 kg = 22%		
Schwedenklee (*Trifolium hybridum L.*)	2 u. 1 u. 1		3,7 kg = 24%	2,1 kg = 72%	1,2 kg = 41%
Luzerne (*Medicago sativa* L.)	3	0,8 kg = 17%			
Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* MOENCH)	6 u. 6	1,5 kg = 24%	1,4 kg = 22%		
Zwiebeln (*Allium cepa* L.)	1	5,3 kg[1])			
Heidekraut (*Calluna vulgaris* HULL)	1[2])			1,5 kg = 76%	
Fuchskreuzkraut (*Senecio Fuchsii* GMEL)	1			? = 33% (geschätzt)	
Kohldisteln (*Cirsium oleraceum* SCOP.)	1	0,8 kg[1])			

[1]) Läßt sich nicht in Prozenten der Gewichtszunahme der Kontrollvölker angeben, weil der Gewichtszunahme der duftgelenkten Völker eine Gewichts*ab*nahme der Kontrollvölker gegenübersteht.

[2]) Statt der sonst üblichen 3 Bienenvölker in jeder Gruppe war bei diesem Versuch jede Gruppe mit 13 Völkern beschickt.

Beobachter erwähnen nur, daß die duftgelenkten Bienen bei anhaltender Schlechtwetterlage, im Gegensatz zu den Kontrollvölkern, schon bei kurzen Wetterbesserungen auf das Feld stürzten oder daß sie Blütenstaub von Klee eintrugen, während die Kontrollen andere Trachtquellen beflogen. Einige brauchbare Beobachtungen über gesteigerten Beflug wurden auch bei *Schwedenklee*, bei der *Luzerne*, beim *Mohn* und beim *Fuchskreuzkraut* gemacht.

Für die Beurteilung einer *imkerlichen Ertragssteigerung* durch die Duftlenkung ist das Material besser geeignet, weil für diese Teilfrage die zu nahe benachbarte Aufstellung der Versuchsgruppen keine Fehlerquelle bedeutet. Voraussetzung ist natürlich, daß die Völker zu Beginn und am Ende des Versuches gewogen oder daß die Honigerträge bei Abschluß des Versuches ermittelt wurden. Stellt man die Anfangs- und Endgewichte der mit duftlosem (Kontrollen) und duftendem Zuckerwasser gefütterten Völker einander gegenüber, so ergibt sich beim *Rotklee* durchschnittlich eine kleine *Erhöhung der Gewichtszunahme* bei den duftgelenkten Völkern. Der Betrag liegt im Bereich der zufälligen Schwankungen. Doch darf man mit dem Ergebnis zufrieden sein, daß für den Imker *keine Minderung des Ertrages* festzustellen war. Denn die Duftlenkung auf Rotklee bezweckt in erster Linie eine Erhöhung der Samenernte. Ein abträglicher Erfolg für die Honigernte müßte in Kauf genommen werden und ist dann zu erwarten, wenn die Bienen durch die Duftlenkung auf Rotklee von einer besseren Tracht abgezogen werden. — *Stärkere Erhöhungen der Gewichtszunahme* bei den duftgelenkten Völkern wurden bei *Schwedenklee*, *Luzerne*, *Buchweizen*, *Zwiebeln* und bei den Wildpflanzen: *Heidekraut*, *Fuchskreuzkraut* und *Kohldisteln* erzielt (vgl. Tabelle 2). — Bei *Serradella*, *Süßlupinen*, *Erbsen* und *Sommerraps* sind keine, bei *Senf* und *Mohn* zweifelhafte Ergebnisse zu verzeichnen. Der Grund dürfte hauptsächlich in einer ungeeigneten Technik liegen. Ich erinnere daran, daß die Herstellbarkeit einer brauchbaren Duftstofflösung für die meisten Pflanzen erst geprüft werden muß (S. 452) und daß die in den Stock gebrachten frischen Blüten ohne besondere Gegenmaßnahmen von den Bienen rasch entfernt werden (S. 453). Die Erbsen hätten gar nicht als Versuchspflanzen gewählt werden sollen, da ihr Nektar den Honigbienen nicht zugänglich ist.

Wenn diese Vorversuche aus der Praxis auch ein abschließendes Urteil über den Erfolg noch nicht zulassen, so sind sie doch als ermutigend anzusehen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Bei Fütterung einer Bienenschar auf duftender Unterlage werden durch ihre Tänze die Stockgenossen alarmiert. Sie streifen die Gegend ab und suchen nach jenem Duft. *Innenfütterung im Stock in duftender Umgebung* kann ebenso wirksam sein wie Außenfütterung. Doch muß der Erfolg für jeden Riechstoff eigens erprobt werden.

2. *Fütterung mit duftender Zuckerlösung* im Stock kann gleichfalls von ausgezeichneter Wirkung sein. Auch hier ist das Ergebnis von der Beschaffenheit der Riechstoffe abhängig und nicht allgemein vorauszusagen.

3. Ob sich durch Einlegen von duftenden Blüten in Zuckerwasser ein *Blütenextrakt* herstellen läßt, der für die Nase der Bienen dem Duft der frischen Blüten zum Verwechseln ähnlich ist, läßt sich keinesfalls voraussagen. Bei der Kohldistel (*Cirsium oleraceum*) gelingt es, wenn der Geruch auch mit dem natürlichen Blütenduft vielleicht nicht völlig übereinstimmt. Beim Sommerraps gelingt es nicht.

4. Statt duftendes Zuckerwasser zu füttern, kann man *den Futterteller im Stock mit duftenden Blüten umkränzen*. Man muß aber verhindern, daß die Blüten von den Bienen weggezerrt werden. *Bei Rotklee ließ sich so der Beflug auf das 22fache, bei Kohldisteln auf mehr als das 12fache erhöhen.* Durch diese Maßnahme *läßt sich auch die Arbeitsintensität der Bienen steigern und ihre Arbeitszeit verlängern.*

5. Bei duftlosen oder sehr schwach duftenden Blüten *kann man durch einen blütenfremden Lockduft einen Beflug erzielen*, indem man im Stock mit einer Duftlösung füttert und mit demselben Riechstoff die Blüten bestäubt.

6. Bei *nächtlicher Reizfütterung* sind es wahrscheinlich die gefütterten und auf den Duft „dressierten" Bienen selbst, die am kommenden Morgen an die Blüten fliegen, bei *Tagesfütterung* während der Flugzeit aber vor allem die durch die Tänze alarmierten Stockgenossen. Welche Futterzeit und welche Art der Verabreichung der Zuckerlösung am günstigsten ist, bleibt noch zu prüfen.

7. *Wo keine Tracht besteht, ist eine Duftlenkung zwecklos*; bei starker Konkurrenz durch anderweitige reiche Nektarquellen ist sie erschwert.

8. Vorversuche größeren Maßstabes, die auf Veranlassung der Reichsfachgruppe Imker von Praktikern in verschiedenen Teilen des Reiches ausgeführt wurden, haben durch die Duftlenkung bei mehreren Kultur- und Wildpflanzen eine zum Teil erhebliche imkerliche Ertragssteigerung erzielt. Eine zahlenmäßige Steigerung und Intensivierung des Blütenbefluges wurde trotz unzureichender Methodik mehrfach beobachtet und läßt eine Steigerung des Samenertrages erwarten, die aber noch nicht erwiesen ist.

Literatur.

1. A. F. GUBIN, Pschelovodstvo **1936**, H. 6. — 2. A. F. GUBIN, Pschelovodstvo **1938**, H. 5, 40—44. — 3. KOMAROW, Pschelovodstvo **1939**, H. 5. — 4. SOROKIN, Pschelovodstvo **1938**, H. 8/9, 38. — 5. ANDRIJUK, Dtsch. Imkerführ. **12**, Nr 11, 350—354 (1939). — 6. GUBIN, Pschelovodstvo **1938**, H. 5, 40—44. — 7. GUBIN, Pschelovodstvo **1938**, H. 7, 15—17; **1939**, H. 6, 31. — 8. KAPUSTIN, Pschelovodstvo **1938**, H. 8/9, 37—38. — 9. PAPARIA, Kolgosnje Bschilnizstwo (ukrainisch) **1940**, H. 4, 16. — 10. J. TITOW u. A. Ko-

WALJEW, Pschelovodstvo **1939**, H. 6, 15. — 11. GUBIN, Pschelovodstvo **1939**, H. 6, 31. — 12. GUBIN, Pschelovodstvo **1938**, H. 7, 15—17. — 13. SAWITZKIJ, Pschelovodstvo **1939**, H. 5, 18. — 14. ANDRIJUK, Dtsch. Imkerführ. **14**, 125 (1940). — 15. K. v. FRISCH, Die Werbetänze der Bienen und ihre Auslösung. Naturwiss. **30**, 275—276 (1942). — 16. P. KNUTH, Handbuch der Blütenbiologie **2/2**, 127/128, **3/2**, 104. Leipzig 1898—1905. — 17. Vgl. KICKHÖFFEL, Duftstofflenkung des Bienenbefluges. Dtsch. Imkerführ. **16**, Nr 4, 44 (1942).

Übersättigung bei der spontanen Keimbildung in Wasserdampf[1]).

Von ADOLF SANDER und GERHARD DAMKÖHLER, Braunschweig.

I. Problemstellung.

Will man Wasserdampf in der homogenen Phase kondensieren, so ist dazu erfahrungsgemäß eine gewisse Übersättigung erforderlich: d. h. zur Auslösung der Kondensation muß bei vorgegebener Temperatur der Partialdruck des Wasserdampfes über dem Sättigungsdruck liegen. Die Kondensation setzt an sog. Kondensationskeimen ein. Als solche können feste oder flüssige Schwebeteilchen dienen, die entweder in der Gasphase schon von Natur aus vorhanden sind (Staub, Ruß) oder spontan aus den zu kondensierenden Dampfmolekülen selbst gebildet werden. Im folgenden sei nur der letztere Fall betrachtet. Dabei können Gasionen, die die spontane Keimbildung erleichtern, an- oder abwesend sein. Die zur spontanen Keimbildung erforderlichen Übersättigungen sind im allgemeinen erheblich größer als die in Gegenwart von Schwebeteilchen.

Zu Wasserdampf unterhalb 0° gehört als kondensierte, thermodynamisch stabile Phase das Eis. Trotzdem muß man nach allen bisherigen Erfahrungen in diesem Temperaturgebiet die spontan gebildeten Primärteilchen vorwiegend als flüssig annehmen, in Einklang mit der OSTWALDschen Stufenregel. Es fragt sich nun, ob dieses auch noch bei beliebig tiefen Temperaturen zutrifft, oder ob nicht vielleicht doch unterhalb einer bestimmten Temperatur auch schon die Keime als Kriställchen entstehen. Diese Frage ist bis her nur theoretisch behandelt worden[2]), nicht aber experimentell. Es wurde daher die zur spontanen Keimbildung erforderliche Übersättigung von Wasserdampf in einem möglichst großen Temperaturbereich gemessen, nämlich zwischen +35 und −75°.

II. Untersuchungsmethode und Apparatur.

Das *Arbeitsprinzip* war folgendes: Besonders gereinigte Luft von bekanntem Druck, bekannter Temperatur und bekanntem noch unter der Sättigung liegenden Wasserdampfgehalt wird adiabatisch auf einen bestimmten Enddruck entspannt. Dabei tritt Abkühlung ein und bei entsprechend hohem Entspannungsverhältnis auch Übersättigung. Ist diese groß genug, so beobachtet man Nebelbildung. Die *kritische* Übersättigung

$$\left(= \frac{p_t}{p_\infty} = \frac{\text{Partialdruck des Wasserdampfes bei der Endtemperatur}}{\text{Sättigungsdruck des Wasserdampfes bei der Endtemperatur}}\right)$$

ist dann erreicht, wenn durch die Entspannung etwa 1 Nebeltröpfchen je Kubikzentimeter und Sekunde sichtbar wird.

Die *Reinigung der Ausgangsluft* sowie die *Voreinstellung des Wasserdampfgehaltes* geschah nach dem in Fig. 1 wiedergegebenen Schema. In ihm sind auch die *verschiedenen benutzten Arbeitsweisen* enthalten. Die Schwebeteilchen der Ausgangsluft konnten wahlweise entfernt werden durch ein SCHOTTsches Bakterienfilter (G 5 auf 3, fiktiver Porendurchmesser nach BECHHOLD = 1,48 μ) oder durch eine 100 cm lange Watteschicht, wobei sich allerdings auch schon eine solche von 10 cm Länge als ausreichend erwiesen hatte. *Getrocknet* wurde in zwei austauschbaren Ausfrierfallen, die ein 5 cm langes Wattefilter enthielten und mit flüssigem Sauerstoff gekühlt waren. Der *Wasserdampfsättiger*, durch welchen die gesamte Luft oder auch nur ein Teilstrom geschickt wurden (für letzteren Fall die zwei Strömungsmanometer), bestand aus zwei hintereinander geschalteten Waschflaschen mit anschließendem feuchten Wattefilter, die sämtlich durch einen Höppler-Thermostaten auf bestimmter Temperatur gehalten waren.

Die *endgültige Einstellung des Wasserdampfgehaltes* geschah in dem in Fig. 2 gezeichneten Abscheider *a*, der auf derselben Temperatur wie die eigentliche Beobachtungskugel *b* gehalten wurde. Der den Abscheider *a* verlassende und dort völlig gesättigte Gasstrom war dann in der Entspannungskugel *b* nicht mehr ganz gesättigt, da sich bei der zur Durchspülung und Füllung benutzten stationären Strömungsgeschwindigkeit von 5 ccm/sec in der kapillaren Verbindungsleitung zwischen *a* und *b* ein Druckgefälle von etwa 10 mm Hg einstellte.

Als *Kältethermostat* wurde ein Methanolbad benutzt, das in einem großen Dewar-Gefäß (500 mm Höhe, 250 mm lichte Weite) mit Sichtstreifen untergebracht war. Gekühlt wurde mit flüssigem Sauerstoff, der in ein eintauchendes Glasrohr *g* von Zeit zu Zeit eingespritzt wurde. Gerührt wurde mechanisch mit einem elektrisch angetriebenen Propellerrührer *f*.

Die *Temperaturmessung* erfolgte mit einem bei der PTR geeichten Hg-Thermometer bzw. mit einem an dieses angeschlossenen selbsthergestellten NH_3-Tensionsthermometer, das außerdem noch mit einer Zweitausführung verglichen war.

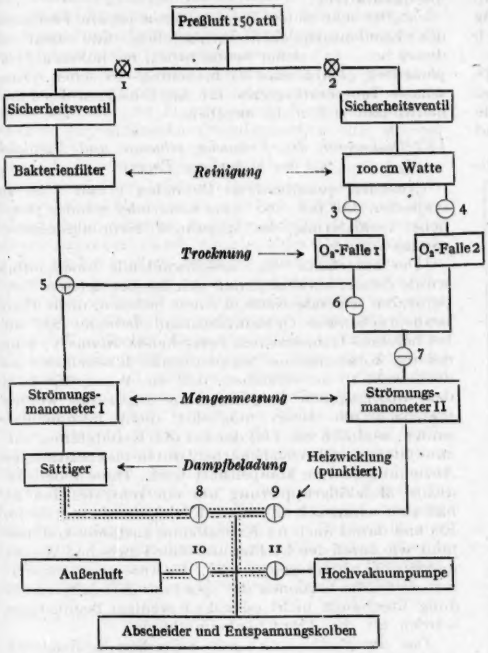
Zur *Entspannung des Untersuchungsgases* in der Beobachtungskugel *b* (0,7 l) wurde der Glashahn *c* (Bohrung 10 mm) schnell gegen einen nichtgezeichneten großen Vorvakuumkolben (12 l) geöffnet, in dem verschiedene Drucke meßbar eingestellt werden konnten. In besonderen Versuchen mit einer der Beobachtungskugel gleich großen Entspannungskugel, die aber ein Metallmembranmanometer für Spiegelablesung besaß, konnte an Hand von Filmaufnahmen festgestellt werden, daß die Entspannungszeit etwa 0,1 Sekunde und die darauffolgende Zeit konstanten Druckes mehr als 0,3 Sekunde betrugen. Gasschwingungen wurden bei der benutzten Verbindungsleitung (etwa 2 m Länge und 20 mm lichte Weite) zwischen Entspannungskugel (0,7 l) und Vorvakuumkolben (12 l) nicht beobachtet.

Die *Beobachtungskugel* war außen mit einem schwarzen Lack (Graphit + Vinidurklebelösung PC 20) überzogen, um Streulicht abzuhalten. Der Beleuchtungslichtstrahl kam über ein Linsensystem von einer

[1]) Aus dem Institut für Motorenforschung der Luftfahrtforschungsanstalt Hermann Göring.

[2]) R. BECKER u. W. DÖRING, Ann. Physik **24**, 719 bis 752 (1935). — M. VOLMER, Kinetik der Phasenbildung, S. 200ff. Dresden-Leipzig 1939.

Bogenlampe, trat von unten durch den Sichtstreifen des Dewar-Gefäßes in die Beobachtungskugel *b* und verlief sich in dem Entspannungshahn *c*. Bei den ersten Versuchen war mit einem kleinen Kinoprojektor gearbeitet worden. Doch erwies sich dessen Lichtstärke als zu gering, um die gerade bei tiefen Temperaturen nur sehr kleinen Kondensatteilchen noch einwandfrei zu erkennen. Die Beobachtung erfolgte von schräg oben durch den Sichtstreifen des Dewar-Gefäßes.



Arbeitsweisen					
	Teilstrom I	Teilstrom II	Kükenstellung der Hähne		
			5	6	7
A	Bakterienfilter	nicht benutzt	⊕	⊖	⊖
B	Watte	nicht benutzt	⊖	⊖	⊖
C	Bakterienfilter	Watte	⊕	(◫)	◫
D	Watte	Watte	⊖	(⊖)	◫

Fig. 1. Luftreinigung und Voreinstellung des Wasserdampfgehaltes.

Der *Ionengehalt des Entspannungsgases* war entweder der natürliche, oder er war durch Anlegen eines Feldes von etwa 50 Volt/cm in üblicher Weise auf Null gebracht worden. Zu diesem Zwecke waren zwei einander gegenüberliegende innere Kalotten der Beobachtungskugel versilbert und über Pt-Durchschmelzungen mit 4 hintereinandergeschalteten Anodenbatterien (≈ 500 V) verbunden.

Die Beobachtungskugel sowie die gesamte übrige Apparatur konnte mit einem *Hochvakuumaggregat* ausgepumpt und dann nach einigem Stehen mit einem Geißler-Rohr auf *Dichtigkeit geprüft* werden.

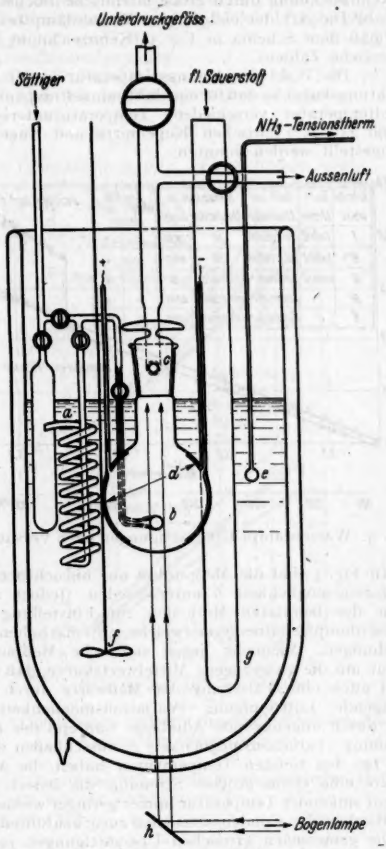


Fig. 2. Apparatur.

a = Abscheider, b = Beobachtungskugel, c = Entspannungshahn, d = Versilberung, e = Fühler des NH_3-Tensionsthermometers, f = Rührer, g = Kühlrohr, h = Spiegel.

III. Versuchsergebnisse.

In Fig. 3 sind die gemessenen kritischen Übersättigungen p_I/p_∞ als Funktion der absoluten Temperatur T dargestellt. Dabei bedeutet p_∞ den Sättigungsdruck des unterkühlten Wassers, wie er aus den Tafeln von ROBITZSCH[1]) entnommen wurde. Nur bei dem rechts oben liegenden und mit einem Sprung ansetzenden Kurvenast wurde auf den Sättigungsdruck des Eises bezogen, wofür ebenfalls die Zahlen von

[1]) M. ROBITZSCH, Ausführliche Tafeln zur Berechnung der Luftfeuchtigkeit. Leipzig 1941.

ROBITZSCH verwendet wurden. Um systematische Fehler möglichst auszuschließen, wurden die Meßpunkte auf sehr verschiedenen Wegen gewonnen. Es gab drei Variationsmöglichkeiten:

a) Die Art der Luftreinigung und Voreinstellung des Wasserdampfgehaltes gemäß dem Schema in Fig. 1 (Kennzeichnung durch große lateinische Buchstaben).

b) Die Art der endgültigen Wasserdampfbeladung gemäß dem Schema in Fig. 3 (Kennzeichnung durch römische Zahlen).

c) Die Wahl der Anfangstemperatur in der Beobachtungskugel, so daß für eine bestimmte Entspannungsendtemperatur verschiedene Temperaturunterschiede (von 24—35°) zwischen Kugelmitte und Kugelwand eingestellt werden konnten.

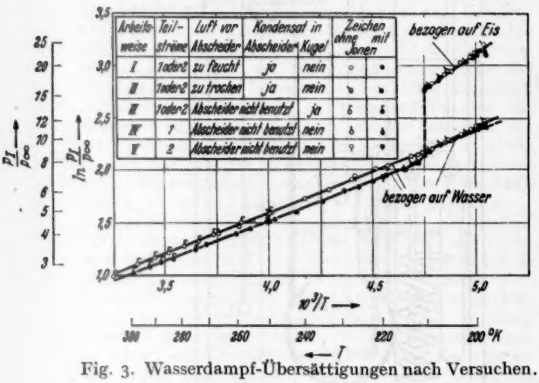


Fig. 3. Wasserdampf-Übersättigungen nach Versuchen.

In Fig. 3 sind die Meßpunkte nur hinsichtlich der Variationsmöglichkeit *b* unterschieden. Jedoch zeigt keine der benutzten Methoden zur Einstellung des Wasserdampfgehaltes irgendwelche systematischen Abweichungen. Vielmehr liegen sämtliche Meßpunkte so gut um die ausgezogene Mittelwertskurve, daß man wohl auch eine Fälschung der Meßwerte durch ungenügende Luftreinigung (Variationsmöglichkeit *a*) oder durch ungenügende Adiabasie während der Entspannung (Variationsmöglichkeit *c*) ausschließen darf. Nur bei den tiefsten Temperaturen haben die Meßpunkte eine etwas größere Streuung, die jedoch auf die mit sinkender Temperatur immer geringer werdende Sichtbarkeit der Kondensatteilchen zurückzuführen ist.

Die gemessenen kritischen Übersättigungen p_I/p_∞ (Keimbildungsgeschwindigkeit $J = 1$ Teilchen/ccm/sec) lassen sich in dem untersuchten Temperaturgebiet durch folgende Interpolationsformeln gut darstellen:

oberhalb $-62°$ ohne Ionen[1]) $$\ln \frac{p_I}{p_\infty} = \frac{780}{T} - 1{,}521 \quad (1)$$

oberhalb $-62°$ mit Ionen[1]) $$\ln \frac{p_I}{p_\infty} = \frac{765}{T} - 1{,}537 \quad (2)$$

unterhalb $-62°$ mit oder ohne Ionen[2]) . . . . $$\ln \frac{p_I}{p_\infty} = \frac{1373}{T} - 3{,}748 \quad (3)$$

Aus den Kurven in Fig. 3 kann man ablesen:

1. Der die Kondensation begünstigende Einfluß der Gasionen verschwindet bei $-62°$.

2. Bei derselben Temperatur tritt ein Knick in der Übersättigungs-Temperaturkurve auf, und zwar derart, daß die bei tieferen Temperaturen gemessenen Übersättigungsdrucke *höher*, sicher aber nicht tiefer liegen, als man auf Grund des bei höheren Temperaturen gültigen Kurvenastes erwarten sollte (vgl. die gestrichelte Extrapolationskurve).

Zu diesen beiden quantitativen Befunden kommt als qualitativer:

3. Bei sehr tiefen Temperaturen ist ein Flimmern der Kondensatteilchen festzustellen, und zwar ist dieses bei $-62°$ sicher beobachtbar, bei höheren Temperaturen glaubt man es manchmal zu sehen. Eine scharfe Temperaturgrenze für das Einsetzen des Flimmerns läßt sich nicht angeben.

IV. Diskussion der Versuchsergebnisse und Vergleich mit der bisherigen Theorie.

Aus den quantitativen Befunden 1 und 2 ist zu schließen, daß bei $-62°$ eine mehr oder minder plötzliche Veränderung des spontanen Keimbildungsvorganges einsetzt.

Der unterhalb $-62°$ verschwindende Ioneneinfluß würde darauf hinweisen, daß sich der bei tieferen Temperaturen bildende Keim in einem höheren, mehr Platz beanspruchenden Ordnungszustand befindet als die bei höheren Temperaturen entstehende Keimart; denn der die Kondensation begünstigende Ioneneinfluß ist doch wohl so zu verstehen, daß die Wasserdipole in dem inhomogenen Feld des Ions angezogen werden und sich um dieses möglichst dicht herumlagern wollen, wodurch ein Teil der bei der Keimbildung aufzuwendenden Oberflächenarbeit durch elektrostatische Anziehungsenergie kompensiert wird. Diese möglichst dichte Molekülgruppierung um ein zentrales Ion ist nun aber schwerlich diejenige Molekülanordnung, die im Eis und damit auch im Kristallkeim zustande kommen muß, wie durch den Dichteunterschied zwischen Wasser und Eis bei 0° nahegelegt wird. Es wäre also verständlich, wenn die Gasionen die spontane Kristallkeimbildung überhaupt nicht oder doch weniger begünstigen würden als die Tröpfchenkeimbildung.

Das unterhalb $-62°$ mit Sicherheit beobachtete Flimmern der entstandenen Kondensatteilchen spricht auch für eine primäre Kristallkeimbildung, wenn auch damit eine solche nach unserer Auffassung nicht direkt bewiesen werden kann; denn auch ein Wassertröpfchen könnte nach einer bestimmten Zeit plötzlich durchkristallisieren und sich in ein flimmerndes Kriställchen umwandeln. In welcher Zeit das unter unseren Versuchsbedingungen möglich wäre, können wir nicht angeben.

Der bei $-62°$ gefundene Knick in der Übersättigungstemperaturkurve weist ebenfalls auf eine plötzliche Veränderung im Keimbildungsvorgang hin. Merkwürdig und mit der bisherigen Theorie im Widerspruch ist aber die Richtung dieses Knickes. Denn sowohl nach BECKER und DÖRING (l. c.) als auch nach VOLMER[1]) sollte stets diejenige *Keimart* begünstigt sein, die zu ihrer Bildung den geringeren Partialdruck in der Dampfphase benötigt. Diese Auffassung hat den Vorzug, eine völlige Analogie zu der Auswahl der jeweils thermodynamisch stabilen kondensierten Phase darzustellen, wo sich bei vorgegebener Temperatur immer die Phase bildet, die den kleineren Sättigungsdruck besitzt. In der vorliegenden Arbeit wäre aber für die Keimbildung eine andere Abstufung hinsichtlich der notwendigen Partialdrucke gefunden; denn unterhalb $-62°$ wäre gerade diejenige Keimart ent-

[1]) p_∞ = Sättigungsdruck des flüssigen Wassers.
[2]) p_∞ = Sättigungsdruck des Eises.

[1]) Vgl. insbesondere die Fig. auf S. 202 seines Buches l. c.).

standen, die zu ihrer Bildung einen höheren Wasserdampfpartialdruck benötigt als die bei höherer Temperatur beständige Keimart, wie man durch Vergleich der gestrichelt eingezeichneten Extrapolationskurve mit den wirklichen Meßpunkten erkennt. Nach BECKER und DÖRING sowie VOLMER sollte in Fig. 3 der Knick der Übersättigungstemperaturkurve von unten gesehen nicht konvex, sondern konkav sein; aber gerade das konnte innerhalb der verhältnismäßig hohen Meßgenauigkeit nicht beobachtet werden.

Bei der theoretischen Behandlung des spontanen Keimbildungsvorganges (in Abwesenheit von Ionen) gehen BECKER und DÖRING sowie VOLMER von dem gleichen physikalischen Grundgedanken aus: An ein Dampfmolekül lagern sich auf Grund der natürlichen Schwankungen in aufeinanderfolgenden Einzelschritten weitere Dampfmoleküle an. Dabei entstehen Aggregate höherer Molekülzahl, von welchen jedes durch Aufnahme eines weiteren Dampfmoleküls in das nächst höhere Aggregat, durch Abgabe eines Dampfmoleküls in das nächst niedere Aggregat übergehen kann. Der Keimbildungsvorgang selbst wird als *stationäre Reaktionskette* aufgefaßt, so daß jedes Aggregat mit einer bestimmten Häufigkeit vorkommt. Dann läßt sich in prinzipiell einfacher Weise ein Ausdruck für die Keimbildungsgeschwindigkeit ableiten. Für die explizite Auswertung sind allerdings gewisse vereinfachende Annahmen notwendig, und sie wurden von BECKER-DÖRING bzw. von VOLMER in etwas verschiedener Weise gemacht. Wir haben ihre Rechnungen nachgeprüft und sind unter denselben physikalischen Voraussetzungen der Theorie, aber auf Grund einer etwas genaueren Rechnung zu einer neuen Formel gekommen. Sie liefert für die Keimbildungsgeschwindigkeit Zahlenwerte, die zwischen die von BECKER-DÖRING bzw. von VOLMER hineinfallen. Wir haben also in Abwesenheit von Ionen für die spontane Tröpfchenkeimbildung folgende theoretische Beziehungen:

BECKER-DÖRING (≈ VOLMER II):

$$J = \frac{Z_1 W_1 O_1}{n_K} \sqrt{\frac{A_K}{3\pi kT}} \cdot e^{-\frac{A_K}{kT}} \tag{4}$$

VOLMER I:

$$J = \frac{Z_1 W_1 O_K}{n_K} \sqrt{\frac{A_K}{3\pi kT}} \cdot e^{-\frac{A_K}{kT}} \cdot e^{+\frac{\lambda}{kT}} \tag{5}$$

SANDER-DAMKÖHLER:

$$J = \frac{Z_1 W_1 O_K}{2 n_K} \sqrt{\frac{A_K}{3\pi kT}} \cdot e^{-\frac{A_K}{kT}\left[1 - \left(\frac{4}{n_K^{2/3}} - \frac{2}{n_K}\right)\right]} \tag{6}$$

Darin bedeuten:

J = Zahl der sekundlich je Kubikzentimeter gebildeten Keime (≈ Zahl der je Kubikzentimeter beobachteten Nebelteilchen),
Z_1 = Zahl der Dampfmoleküle je Kubikzentimeter,
W_1 = Zahl der Dampfmoleküle, die bei dem Partialdruck p_1 sekundlich auf 1 qcm auftreffen $\left[W_1 = \frac{N_L \cdot p_1}{\sqrt{2\pi MRT}}\right]$
N_L = LOSCHMIDTsche Zahl (= 6,0224 · 10^{23}),
R = Gaskonstante je g-Mol (= 8,315 · 10^7 erg/grd),
$k = R/N_L$ = BOLTZMANNsche Konstante (= 1,3807 · 10^{-16} erg/grd),
M = Molekulargewicht des zu kondensierenden Dampfes,
T = absolute Temperatur,
O_1 = Oberfläche des kugelförmig angenommenen Dampfmoleküls,
O_K = Oberfläche des kugelförmig angenommenen Tröpfchenkeimes, der mit dem äußeren Wasserdampfpartialdruck p_1 im Gleichgewicht steht,
n_K = Zahl der Dampfmoleküle im Tropfenkeim ($n_K \approx 100$),
λ = Verdampfungswärme je Molekül (bei Wasser $\lambda \approx 7{,}4 \cdot 10^{-13}$ erg),
σ = Oberflächenspannung,
$A_K = \sigma O_K/3$ = Keimbildungsarbeit.

A_K läßt sich mit der THOMSONschen Gleichung

$$\sigma \frac{dO_K}{dn_K} = kT \ln \frac{p_1}{p_\infty} \tag{7}$$

auf die Übersättigung p_1/p_∞ zurückführen, worin
p_1 = Partialdruck des zu kondensierenden Dampfes bei der Temperatur T,

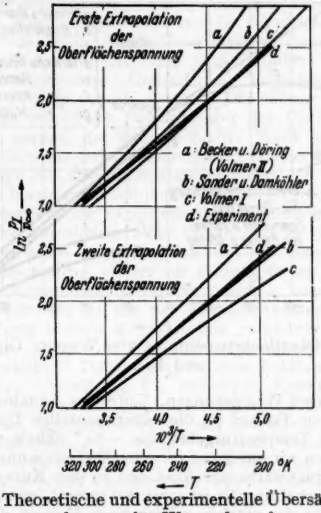


Fig. 4. Theoretische und experimentelle Übersättigungskurven für Wasserdampf.

p_∞ = Sättigungsdruck des zu kondensierenden Dampfes bei der Temperatur T

bedeuten. Mit

$$O_K = C \cdot n_K^{2/3} \tag{8}$$

folgt

$$\frac{A_K}{kT} = \frac{\sigma O_K}{3kT} = \frac{4}{27}\left(\frac{\sigma C}{kT}\right)^3 \frac{1}{\left(\ln \frac{p_1}{p_\infty}\right)^2}. \tag{9}$$

Für kugelförmige Tröpfchen gilt mit der Kondensatdichte d

$$C^3 = 36\pi \left(\frac{M}{d \cdot N_L}\right)^2, \tag{10}$$

und damit

$$\frac{A_K}{kT} = \frac{16\pi N_L}{3R^3}\left(\frac{M}{d}\right)^2 \left(\frac{\sigma}{T}\right)^3 \frac{1}{\ln\left(\frac{p_1}{p_\infty}\right)^2}. \tag{11}$$

Nach den Gleichungen (11) und (4) bis (6) gehört zu einer bestimmten Übersättigung p_1/p_∞ eine ganz bestimmte Keimbildungsgeschwindigkeit J. Wird diese 1 Teilchen/ccm/sec, so haben wir die in unseren Messungen beobachtete kritische Übersättigung, die in Fig. 3 eingetragen ist.

In den Fig. 4a und 4b sind die experimentellen Übersättigungen (in Abwesenheit von Ionen) der vor-

liegenden Arbeit den theoretisch berechneten Kurven gegenübergestellt. Bei diesen wurden für die Oberflächenspannung des Wassers oberhalb 0° die Zahlenwerte von MOSER[1]) benutzt. Sie liegen unter den bekannten Literaturwerten[2]) am höchsten (vgl. Fig. 5) und dürften auch aus diesem Grunde am richtigsten sein, zumal man durch geringe Verunreinigungen mit kapillaraktiven Stoffen zwar sehr leicht die Oberflächenspannung erniedrigen, kaum aber erhöhen kann. Unterhalb 0° mußten die Oberflächenspannungswerte extrapoliert werden. Wie aus Fig. 4 zu erkennen ist, zeigt die beste Übereinstimmung mit unseren Meßpunkten unsere neue theoretische Formel, wenigstens bei und oberhalb 0°[3]). Darunter aber ergibt unsere zunächst willkürlich durchgeführte erste Extrapolation der Oberflächenspannungswerte (Kurvenast *b* in Fig. 5) zu hohe Übersättigungen. Wir sind daher den

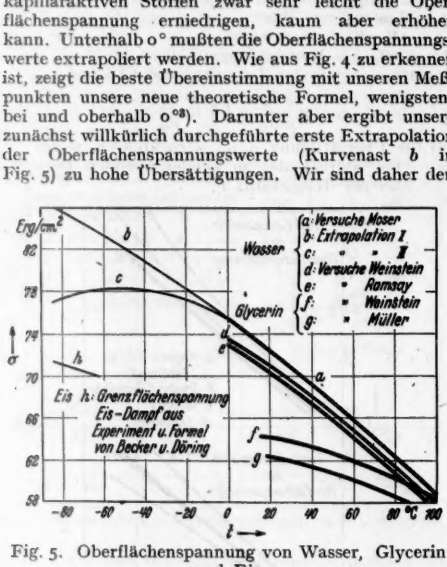


Fig. 5. Oberflächenspannung von Wasser, Glycerin und Eis.

umgekehrten Weg gegangen. Unter der Annahme, daß unsere neue Formel (6) die experimentellen Daten im gesamten Temperaturgebiet bis −62° richtig wiedergibt, haben wir aus ihnen die Oberflächenspannung des Wassers rückwärts errechnet und so den Kurvenast *c* in Fig. 5 erhalten. Er ist stark gekrümmt, was aber in Anbetracht der stärker gekrümmten Kurven *d* und *e* von RAMSAY und SHIELDS und von WEINSTEIN[4]) für Wasser sowie der Glycerinkurve *f* und *g*[5]) (Glycerin ist ebenfalls stark assoziiert) nicht undenkbar wäre. Merkwürdigerweise besitzt der Kurvenast *c* für die Oberflächenspannung des Wassers bei etwa −50° ein Maximum, d. h. nicht weit entfernt von der Stelle, wo der Knick in der Übersättigungstemperaturkurve (vgl. Fig. 3) gefunden wurde.

[1]) MOSER, L. B. Eg. IIa, 148.

[2]) Vgl. auch RAMSAY and SHIELDS u. WEINSTEIN, L. B. I, 199.

[3]) Die geringen Unterschiede zwischen Experiment und Theorie oberhalb 0° sind höchstwahrscheinlich reell und dürften darauf beruhen, daß in unserer stationären Reaktionskette bei zu hohem Wasserdampfpartialdruck die überkeimgroßen Molekülaggregate überhitzt sind, weil die Kondenswärme nicht schnell genug abgeleitet werden kann. Auf diesen Punkt, der in der bisherigen Theorie noch nicht berücksichtigt wurde, soll an anderer Stelle eingegangen werden.

[4]) L. B. I, 199.

[5]) L. B. I, 255 und L. B. IIa, 156.

Für die Geschwindigkeit der Kristallkeimbildung hatten BECKER und DÖRING (l. c.) ebenfalls eine Formel abgeleitet, die auf denselben physikalischen Grundgedanken beruht wie die Formel für die Tröpfchenkeimbildung. Allerdings war bei der Ableitung der Kristallkeimformel eine wesentlich größere Zahl vereinfachender Annahmen notwendig, weil beim Kristallaufbau drei Dimensionen unabhängig voneinander wachsen können und damit ein Aggregat von n Molekülen sehr verschiedene Formen annehmen kann im Gegensatz zum kugelförmigen Tröpfchen. Die BECKER-DÖRINGsche Formel für die Geschwindigkeit der Kristallkeimbildung in Abwesenheit von Ionen lautet mit unseren obigen Bezeichnungen

$$J \approx {}^1/_3 Z_1 W_1 O_1 \frac{A_K}{k\,T} \cdot e^{-\frac{A_K}{k\,T}}. \qquad (12)$$

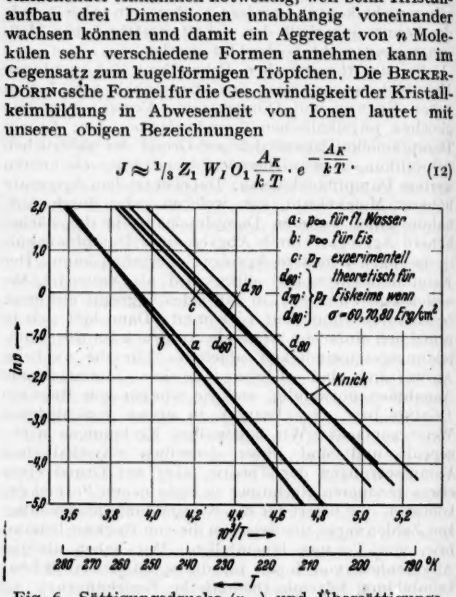


Fig. 6. Sättigungsdrucke (p_∞) und Übersättigungsdrucke (p_I) des Wasserdampfes.

Darin stellt $A_K = \sigma O_K/3$ die Bildungsarbeit des festen Kristallkeimes dar. Sie hängt sowohl von der heute noch unbekannten Grenzflächenspannung zwischen fester und gasförmiger Phase ab als auch von der Oberfläche des maßgeblichen Kristallkeimes, dessen Form zwar nach BECKER und DÖRING möglichst gedrungen sein muß, aber doch nicht genau festliegt. Für einen würfelförmigen Keim, mit dem auch wir nachher rechnen, ergibt sich aus Gleichung (8)

$$C = 6 \cdot \left(\frac{M}{d \cdot N_L}\right)^{2/3}, \qquad (13)$$

und damit aus Gleichung (9)

$$\frac{A_K}{k\,T} = \frac{32\,N_L}{R^3}\left(\frac{M}{d}\right)^2\left(\frac{\sigma}{T}\right)^3 \frac{1}{\left(\ln\frac{p_I}{p_\infty}\right)^2}. \qquad (14)$$

Man darf zwar *einzelnen* Zahlenwerten, die mit den Gleichungen (12) und (14) gewonnen sind, keine allzugroße Bedeutung beimessen, wohl aber einen Temperaturgang der kritischen Übersättigung

$$\left(\frac{p_I}{p_\infty} \text{ für } J = 1\ \mathrm{cm}^{-3}\,\mathrm{s}^{-1}\right);$$

denn Gleichung (12) stellt ja nichts anderes dar als den allgemeinen ARRHENIUSschen Ausdruck für eine Reaktionsgeschwindigkeit mit der Aktivierungswärme A_K, der durchaus plausibel erscheint und von VOLMER auch schon vor der Arbeit von BECKER und DÖRING für die Keimbildung angenommen wurde.

In Fig. 6 sind als Funktionen der Temperatur der Sättigungsdruck von unterkühltem Wasser (Kurve *a*) und von Eis (Kurve *b*) eingetragen, ferner die in der vorliegenden Arbeit gemessenen kritischen Übersättigungsdrucke (Kurve *c*), die zur spontanen Keimbildung in Abwesenheit von Ionen erforderlich sind, und schließlich die mit den Gleichungen (12) und (14) berechneten Übersättigungskurven d_{90}, d_{70} und d_{80} für die spontane Eiskeimbildung. Ihnen entsprechen die willkürlich angenommenen Grenzflächenspannungen $\sigma = 60$, 70 und 80 erg/qcm zwischen fester und gasförmiger Phase. Sämtlichen Kurven wurden die Sättigungsdrucke der Tafeln von ROBITZSCH (l. c.) zugrunde gelegt. Man sieht, daß die experimentelle Kurve für die Übersättigungsdrucke der Tröpfchenkeimbildung nur dann in dem untersuchten Temperaturgebiet von einer Eiskeimkurve geschnitten werden kann, wenn die Grenzflächenspannung der Eiskristalle etwa zwischen 68 und 72 erg/qcm läge. Wäre sie von der Temperatur unabhängig, so käme allerdings, von der Abszissenachse aus betrachtet, nie ein konvexer Knick in der Übersättigungsdrucktemperaturkurve zustande, sondern immer nur ein konkaver, wie er aber im Experiment gerade nicht gefunden wurde. Will man einen konvexen erklären, so müßte man eine geringe Temperaturabhängigkeit der Grenzflächenspannung annehmen, etwa wie in Fig. 5 als Kurve *h* dargestellt ist[1]).

[1]) Der aus Fig. 5 Kurve *h* abzulesende Temperaturkoeffizient $-d\sigma/dT \approx 0{,}062$ erg/qcm · grd ist größenordnungsmäßig durchaus im Einklang mit einer von R. FRICKE [Z. physik. Chem. B **52**, 284–294 (1942)] angegebenen Beziehung

$$\frac{d\sigma}{dT} = -nk\sum \ln \frac{\nu_i}{\nu_a}, \qquad (15)$$

worin n = Zahl der Moleküle je qcm Oberfläche, ν_i bzw. ν_a = Eigenfrequenzen der im Kristallinneren bzw. an der Kristalloberfläche schwingenden Molekülschwerpunkte bedeuten und die Summation $\sum$ über alle Gitterschwingungen zu erstrecken ist. Nimmt man an, daß nur *eine* unterschiedliche Gitterschwingung maßgebend ist und daß die in der Oberfläche befindlichen Moleküle senkrecht zu dieser mit etwa der halben Federkraft gebunden sind wie die Moleküle im Kristallinneren, so gilt

$$\sum \ln \frac{\nu_i}{\nu_a} \approx \ln \sqrt{2} = 0{,}3464 .$$

Da ferner auf 1 qcm der Kristallfläche

$$n = \left(\frac{6{,}02 \cdot 10^{23}}{18}\right)^{2/3} \approx (3{,}33 \cdot 10^{22})^{2/3} = 1{,}033 \cdot 10^{15}$$

Wassermoleküle entfallen, so wird nach (15)

$$-d\sigma/dT \approx 1{,}033 \cdot 10^{15} \cdot 1{,}3807 \cdot 10^{-16} \cdot 0{,}3464$$
$$= 0{,}0494 \text{ erg/qcm} \cdot \text{grd}.$$

Da sich auch die Tangentialfrequenzen in der Kristalloberfläche etwas von den entsprechenden Frequenzen im Kristallinneren unterscheiden werden, so wäre dieser theoretische Wert von 0,0494 erg/qcm grd noch etwas zu erhöhen und käme unserem experimentell erschlossenen Wert von 0,062 erg/qcm/grd erstaunlich nahe.

Wie der durch unsere Meßpunkte in Fig. 3 angezeigte Knick bei $-62°$ zu erklären ist, können wir heute noch nicht einwandfrei sagen. Sollte er aber auf dem Übergang der spontanen Tröpfchenkeimbildung in die spontane Eiskeimbildung beruhen, und dafür haben wir Hinweise angeführt, so müßten wir allerdings die herrschende Vorstellung über die Ursache eines solchen Überganges (daß sich nämlich stets die Keimart mit dem geringsten erforderlichen Übersättigungsdruck bildet) aufgeben. Man wird das zunächst nur ungern tun, insbesondere wegen der schon oben angeführten Analogie mit dem Übergang vom Dampf-Wasser- zum Dampf-Eis-Gleichgewicht. Trotzdem berücksichtigt diese bisherige Vorstellung über den Übergang von der einen zur anderen Keimart einen uns wesentlich erscheinenden Punkt nicht: die Beweglichkeit der Moleküle in der Keimoberfläche. Ein *Tröpfchenkeim* von nahezu Kugelgestalt kann sich nur dann bilden, wenn sich die *neu hinzukommenden Moleküle zwischen die schon vorhandenen Oberflächenmoleküle hineindrängen, d. h. von der Oberfläche absorbiert werden. Beim Kristallkeim* hingegen braucht ein solches Hineindrängen nicht stattzufinden, da das *neu hinzukommende Molekül nur angelagert wird, d. h. im Prinzip adsorbiert wird.* Der erstere Vorgang setzt eine erhebliche Beweglichkeit der Oberflächenteilchen voraus, der letztere nicht. Wenn nun eine Art zweidimensionaler Schmelzpunkt existieren würde, d. h. wenn die Oberflächenbeweglichkeit der Teilchen bei einer bestimmten Temperatur plötzlich verschwände, dann könnten sich unterhalb dieser Temperatur auch keine Tröpfchenkeime mehr bilden und es bliebe als einzige primäre Kondensationsform der Kristallkeim übrig, gleichgültig, ob der zur Bildung dieses Kristallkeimes notwendige Dampfpartialdruck nun größer oder kleiner ist als der des Tröpfchenkeimes. Diese Vorstellung könnte den von uns gefundenen merkwürdigen Knick in der Übersättigungstemperaturkurve erklären. Dabei bedeutet diese Erklärung nicht etwa eine Verneinung der bisherigen Keimbildungstheorie, sondern sie begrenzt lediglich in besonderer Weise den Temperaturbereich der Tröpfchen- und der Kristallkeimformeln. Beide Bereiche würden sich nicht überdecken, wie von BECKER und DÖRING sowie VOLMER a priori angenommen wurde, sondern beide Temperaturbereiche würden getrennt durch den Schmelzpunkt der zweidimensionalen Oberflächenphase. Bezeichnen wir ihn in der absoluten Temperaturskala mit T_B entsprechend der aus Frittungsvorgängen bekannten „Backtemperatur", und bezeichnen wir ebenso mit T_S den normalen dreidimensionalen Schmelzpunkt, so ergäbe sich aus unseren Messungen $T_B/T_S = 211/273 = 0{,}77$. Dieser Wert dürfte sich in die von TAMAMNN[1]) festgestellte Reihenfolge

$T_B/T_S =$	0,33	0,52	0,57	0,90 ·
für	Metalle	Oxyde	Salze	C-Verbindungen

einordnen lassen.

Braunschweig, den 27. April 1942.

[1]) G. TAMMANN, Z. angew. Chem. **39**, 869 (1926) — Göttinger Nachr. Math.-naturwiss. Kl. **1930**, 227.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Die Strukturen von Verbindungen ABO_3. „Schwesterstrukturen."

Im Verlauf der systematischen Verfolgung der Strukturen von Verbindungen der allgemeinen Formel ABO_3 (A = großes Kation, B = oktaedrisch koordiniertes Kation) wurde für $PbTiO_3$ eine tetragonale Elementarzelle mit $a = 3{,}89$ Å und $c = 4{,}13$ Å gefunden. Die Raumgruppe ist D_{4h}^1 — P 4/mm, Z = 1; Ti in (a) 000, Pb in (*d*) ½½½, 1 O_I in (*b*) 00½, 2 O_{II} in (*f*) 0½0, ½00. Die Abstände Ti — O_I bzw. Ti — O_{II} sind 2,065 und 1,945 Å, Pb — O_I 2,84 und Pb — O_{II} 2,75 Å. Die Farbe ist gelbbraun, die Dichte $d_{rö} = 8{,}05$. Die tetragonale Deformierung des einfachen Typs E 2_1 (im Strukturbericht I: G 5) wird durch die starke Polarisierbarkeit des Pb^{2+}-Ions hervorgerufen. — Die frühere Deutung von Cole und Espenschied[1]) durch eine rhombische Zelle ist unrichtig.

Zu den schon bekannten Typen der Perowskit-Familie E 2_1 (z. B. $BaTiO_3$), neuer monokliner Typ[2]) $CaTiO_3$, rhombischer Typ $NaJO_3$ kann auch das kubische Rheniumtrioxyd ReO_3 ($D\,O_9$, $a = 3{,}734$ Å), das rhombische Wolframtrioxyd WO_3 ($D\,O_{10}$, $a = 7{,}28$, $b = 7{,}48$, $c = 3{,}82$) gerechnet werden. Aus WO_3 entsteht durch Valenzwechsel des W^{6+} in W^{5+} Wolframbronze, $NaWO_3$ mit Perowskitgitter (die Zusammensetzung ist verschieden, da nicht alle W-Ionen fünfwertig sein müssen). Weiterhin ist ScF_3 rhomboedrisch mit $a = 4{,}022$ Å und $\alpha = 89°34\frac{1}{2}'$.

Ich schlage vor, solche Strukturtypen, die auf dem gleichen oder nur wenig deformierten Anionengitter basieren, als *Schwesterstrukturen* zu bezeichnen. Dabei können außerdem noch Leerstellen im Anionengitter ausgefüllt werden (CaF_2—YF_3), letztere Verbindung muß im Mischkristall den Typ $D\,O_3$: BiF_3 haben). Weitere Beispiele sind $BaSO_4$ ($H\,O_2$) und $AgMnO_4$ ($H\,O_9$); Fluorit CaF_2 ($C\,1$) und Baddeleyit ZrO_2 ($C\,43$). Kleine Abweichungen im Anionengitter zeigen Fluorapatit und Chlorapatit (F oder OH in 00½, Cl in 000). Analcit und Pollucit haben dasselbe Anionengitter, die Lagen der Alkaliionen und der Wassermoleküle sind verschieden; Olivin und Li_3PO_4 unterscheiden sich durch die Besetzung weiterer Lücken im Anionengitter usw. Die „Anti-Gitter" sind aber in unserem Sinn keine Schwesterstrukturen (CaF_2 und Li_2S). Mischkristalle können nur aus Gittern mit Schwesterstrukturen entstehen, wozu aber auch chemische Ähnlichkeit notwendig ist.

Die folgenden weiteren Verbindungen wurden durch Glühen des berechneten Gemisches der entsprechenden Oxyde (wenn nicht anders bemerkt, bei 1200°) erhalten und auf ihre Strukturen untersucht:

$CaCeO_3$: $a = 7{,}70$ Å, $d_{rö} = 3{,}32$; weiß,
$CdCeO_3$: $a = 7{,}65$ Å, $d_{rö} = 4{,}46$; hellbraun, und
$PbCeO_3$: $a = 7{,}62$ Å, $d_{rö} = 5{,}93$; weißgelb;

sie gehören alle zum neuen Perowskit-Typ[2]).

Dagegen haben die folgenden Verbindungen
$LaFeO_3$: $a = 3{,}89$ Å, $d_{rö} = 6{,}85$; braun,
$LaMnO_3$ $a = 3{,}88$ Å, $d_{rö} = 6{,}87$; tief schwarz (dargestellt bei 940°) und
$LaCrO_3$: $a = 3{,}88$ Å, $d_{rö} = 6{,}79$; hell olivgrün,

die kleine Zelle des einfachen Typs E 2_1 mit einem Formelgewicht in der Elementarzelle. Vielleicht ist bei $LaFeO_3$ eine ganz geringe und nicht sicher nachweisbare tetragonale Verzerrung vorhanden.

Da der Typ E 2_1 parameterfrei ist, kann er zur Bestimmung von Normalradien dienen. Unter Zugrundelegung des $O^=$-Ionenradius von 1,32 Å erhält man für die Radien Fe^{3+} 0,63, Mn^{3+} 0,62 und Cr^{3+} 0,62 Å. Wird für den Abstand in Zwölferkoordination zu den (oktaedrischen) Normalradien 5% zugerechnet, so erhalten wir für den Normalradius von La^{3+} 1,28 Å und nicht 1,22 Å, wie Goldschmidt. Mit dem kleineren Radius sollte $LaAlO_3$ im Typ E 2_1 kristallisieren, ich fand aber für die Elementarzelle dieser Verbindung $a = 7{,}58$ Å und den neuen Perowskit-Typ, $d_{rö} = 6{,}52$. Würde man mit der kleinen Zelle $a' = 3{,}79$ Å rechnen, so müßte der Radius von La^{3+} 1,21 Å sein in Übereinstimmung mit Goldschmidt, was aber nicht der Fall ist.

Den Herren J. Neugebauer und Dr. G. v. 'Sigmond danke ich für Hilfe bei der Arbeit.

Budapest, Lehrkanzel für Physikalische Chemie der Königl. Ungarischen Technischen und Wirtschaftswissenschaftlichen Universität, den 30. Juni 1943.

St. v. Náray-Szabó.

[1]) Cole u. Espenschied, J. physic. Chem. **41**, 445 (1937).
[2]) St. v. Náray-Szabó, Naturwiss. **31**, 202 (1943).

Bestimmung des Doppelstickstoffes bei der polarographischen „Krebsreaktion" von Brdička.

In einer Reihe von Arbeiten über die Methodik der Doppelstickstoffbestimmung (D.N.), die ich mit V. Wachtfeidl[1]) angefangen und weiters mit M. Hofman[2]) und J. F. Maier[3, 4]) fortgesetzt habe, gelangte ich zur Aufstellung der Extraktstickstoffkurve (E.N.C.), die die Abhängigkeit der Filtratstickstoffmenge von der angewandten Trichloressigsäurekonzentration darstellt, und weiters zur Wahl der Enteiweißungsmittel, welche zur D.N.-Bestimmung als geeignet gefunden worden sind.

Fig. 1. Extraktstickstoffkurven — E.N.C. — der Rinderseren Ia und Ib, des Nephrosklerosekranken H. F. II und des Krebskranken V. N. III, in drei verschiedenen Maßstäben der Ordinate.

Die E.N.C.-Kurve erfaßt in ihrem anfänglichen Ast den peptidischen Anteil der Serumeiweißkörper und bringt durch das Plateau und den aufsteigenden Ast deren je nach dem physio-pathologischen Zustande verschiedene Hydrolysierbarkeit zum Ausdruck. Die Fig. 1 veranschaulicht die E.N.C. von zwei Rinderseren (Ia frisches Serum), (Ib 38 Tage altes, konserviertes Serum), die wahrscheinlich als Beispiel der Norm dienen können, und Seren von Nephrosklerose: II H.F. und Ca. ventriculi inop. (in gutem Ernährungszustand): III V.N.

Zu *peptidreichen* Filtraten führen folgende Enteiweißungsmittel: *Kieselsäure* nach dem Verfahren von F. Rapaport und J. Reifer[5]) und *Sulfosalicylsäure*, die nach den bisherigen Versuchen als annähernd gleichwertig erscheinen; schließlich die nach starker vorangehender Verdünnung des Serums mit Wasser in möglichst schwacher Konzentration verwendete Trichloressigsäure, jedoch ist dieses Verfahren den ersten zwei unterlegen, aber jedenfalls verbesserungsfähig. Als besonders geeignetes Verfahren, das zu *peptidfreien* Filtraten führt, empfiehlt sich die Enteiweißungsmethode mit Wolframsäure nach O. Folin und H. Wu; die Trichloressigsäure — in stärkerer Konzentration und ohne vorangehende Verdünnung angewandt — führt zu etwas höher liegenden Werten und ist nur bedingt geeignet[6]).

Der Doppelstickstoff (l'indice de polypeptidémie der französischen Forscher), der durch die Differenz der betreffenden Stickstoffwerte gegeben wird, wurde im Einklang mit der stofflichen Grundlage der Brdičkaschen Reaktion entsprechend hoch gefunden; z. B. der Stickstoff des Kieselsäurefiltrates des Serum III V.N. des Krebskranken betrug 74 mg%, des Sulfosalicylsäurefiltrates 76,1 mg%, im „peptidfreien" Trichloressigsäurefiltrat 35,6 mg%.

D.N. ist demgemäß 39,5 mg %; bei der Nephrosklerose II H. F. 25,3 mg % und in drei Rinderseren durchschnittlich 15,2 mg %.

Gegenwärtige Aufgaben lassen mich bei der Wiederbelebung und Nutzbarmachung der Ideen von I. Bang und A. Hahn[7]) *auf neuer methodischer Grundlage* nur langsam fortschreiten, deswegen scheint es mir angebracht, auf die aus den Versuchen sich ergebenden Forschungsziele hinzuweisen:

Wenn genügendes Untersuchungsmaterial gesammelt wird, sollen Filtrate zur polarographischen Krebsreaktion bereitet werden, die auch den aufsteigenden Ast der E.N.C. der Untersuchung zuführen. Die Bestimmung des D.N. — die zusätzlich durch die Bestimmung des Differenzschwefels ergänzt werden könnte — gegebenenfalls unter Berücksichtigung des Stickstoffwertes in peptidreichen Filtraten (N.P.N). und des Verhältnisses D.N./N.P.N. (l'indice d'insuffisance de clivage) sei zur physio-pathologischen Kennzeichnung heranzuziehen.

Prag, Städtisches Ambulatorium der Hauptstadt Prag, den 9. Juli 1943. A. F. Richter.

[1]) A. F. Richter a V. Wachtfeidl, Čas. čes. lékárnictva 18, 179 (1938).
[2]) M. Hofman a A. F. Richter, Čas. čes. lékárnictva 19, 51 (1939).
[3]) [4]) A. F. Richter a J. F. Maier, Čas. čes. lékárnictva 20, 1 (1940); 21, 207 (1941).
[5]) F. Rapaport und J. Reifer, Microchimica Acta 1, 221 (1937).
[6]) A. F. Richter, Sborn. lék. 44, 29 (1942).
[7]) A. Hahn, Biochem. Z. 121, 262 (1921).

Zur Teilungsgeschwindigkeit der Zellen des Mäuse-Ascites-Tumors.

Unter Zugrundelegung der Annahme, daß die Vermehrungsgeschwindigkeit der Zellen des Ascitestumors proportional der Anzahl der vorhandenen Zellen (Z) ist (Gleichung 1), wurde früher[1]) eine Bestimmung dieser Größe durchgeführt, die zu einem Wert von 2—2,5 Tagen für die Zeit der Verdopplung der Zellzahl führte. Die Integration

$$\frac{dZ}{dt} = K \cdot Z \quad (1) \qquad Z_t = Z_0 \cdot e^{Kt} \quad (2) \qquad Z_t = Z_0 \cdot 2^{\frac{t}{t_M}} \quad (3)$$

von Gleichung (1) führt zu Gleichung (2) oder bei Umformung auf die Basis 2 zur Gleichung (3), worin t_M die Zeit der Verdopplung der Zellzahl darstellt, also die Zeit, in der eine Zelle heranwächst und eine Teilung in zwei neue Zellen durchführt. In einer weiteren Arbeit[2]) wurde gezeigt, daß bei Verwendung der Ascitesmenge als Maßstab der Vermehrung, die der Zellzahl proportional läuft, bei 200 Mäusen eine statistische Verteilung der Zeiten t_M um den häufigsten Wert von 2—2,5 Tagen vorliegt.

Die Exponentialformeln (2) und (3) verlangen eine unbegrenzte Vermehrung der Zellen und damit der Ascitesmenge, während tatsächlich der Kurvenverlauf des Gewichtes der Tiere durch ein Maximum charakterisiert ist, dem nach einiger Zeit der Tod der Tiere folgt, das jedoch durch den früheren Tod der Tiere nicht immer zu beobachten ist. Auf Anregung von Herrn Dozenten Dr. K. Schäfer, Göttingen, habe ich zur Berechnung des wirklichen Kurventyps folgenden Ansatz verwendet:

$$\frac{dZ}{Z} = K_1 \cdot dt - K_2 \cdot t \cdot dt. \quad (4)$$

Nach diesem Ansatz (4) würde die Vermehrung der Zellen nicht mehr konstant sein, sondern im Laufe der Zeit abnehmen. Allgemeiner wäre für die vermehrungsbeschränkende Funktion eine Funktion der Zeit einzusetzen, für die hier der einfachste Fall angenommen wurde, daß die Hemmung der Zeit direkt proportional ist. Die Integration von Gleichung (4) ergibt Gleichung (5) und bei Übergang auf die Basis 2 Gleichung (6). Die Gleichungen (5) und (6)

$$Z_t = Z_0 \cdot e^{K_1 t - \frac{1}{2}K_2 t^2} \quad (5) \qquad Z_t = Z_0 \cdot 2^{at - bt^2} \quad (6)$$

führen zu einem Maximalwert der Kurve, der für (6) bei der Zeit $t_{max} = \frac{a}{2b}$ liegt. Die Zellzahl zur Zeit des Maximums t_{max} ist gleich $Z_0 \cdot 2^{\frac{a^2}{4b}}$.

Als Zahlenbeispiele seien die häufig vorkommenden Werte verwendet, daß aus je 0,2 ccm Ascites in 12 Tagen 9,6 ccm, in 13 Tagen 10,4 ccm, in 14 Tagen 11,2 ccm Ascites als Maximalwerte gefunden werden. Die Ausrechnung ergibt für a die Werte 0,933, 0,880 und 0,833, für b die Werte 0,039, 0,034 und 0,030. Welche Bedeutung haben diese Zahlen? Der reziproke Wert von a entspricht der Zeit t_M in Gleichung (3), für die angegebenen a-Werte also 1,07, 1,14 und 1,20 Tagen. In dieser Zeit wäre also tatsächlich eine Verdopplung der Zellzahl vor sich gegangen. Von diesen Zellen geht aber ein Teil zugrunde, wofür der b-Wert einen Maßstab abgibt. Für die wahre Zeit t_M erhält man nach dieser Berechnung einen kleineren Wert als nach der früheren bilanzmäßigen Berechnung, die zu einem zu hohen Wert führt[2]). Eine genauere Angabe der statistischen Schwankungen der Zahlenwerte bei größerem Tiermaterial wird an anderer Stelle angegeben. Welche konkrete Bedeutung man dem der Zellvermehrung entgegenwirkenden Faktor zuschreiben soll, muß zunächst offengelassen werden. Er kann ein Maß für das Absterben der Zellen, für die im Laufe der Entwicklung des Tumors geringer werdende Versorgung der Zellen mit Nährstoffen, für eine Überschwemmung des Ascites mit schädigenden Stoffwechselprodukten und schließlich für eine Schwächung des Wirtstieres darstellen.

Diese Berechnung hat durch eine unabhängige Methode eine wertvolle Stütze erfahren. H. Brodersen[3]) hat durch Auszählung der Mitosen in Ausstrichen aus dem Ascitestumor den Einfluß der Wirkung chemischer Faktoren nachweisen können und z. B. gefunden, daß nach der Injektion von 20 γ Colchicin nach 10 Stunden ein Maximum an Mitosen zu finden ist. Durch Probepunktionen kann man nach dieser Methode den zeitlichen Ablauf der Mitosevorgänge verfolgen. Wir haben nun die Abhängigkeit der Zahl der Mitosen von der Zeit und der Konzentration des Colchicins untersucht und gefunden, daß in Übereinstimmung mit Brodersen der Maximalwert meist um 10 Stunden liegt. Mit kleinen Dosen Colchicin von 1—50 γ bei einmaliger Injektion beobachtet man ein ständiges Ansteigen der Zahl der arretierten Mitosen, während eine Erhöhung der Dosis ein Absinken der Zahlen zur Folge hat und schließlich mit hohen Dosen gar keine Steigerung der Mitosenzahl mehr zu beobachten ist.

Tabelle 1. Zahl der Mitosen aus 1000 Zellen ermittelt.

Dosis in γ	Prozentzahl der Mitosen nach		
	0 Stunden	10 Stunden	24 Stunden
0	1,5	1,0	1,1
5	2,5	5,4	2,6
10	3,4	13,6	4,0
25	2,3	7,1	4,0
50	2,1	41,0	4,0
70	1,8	29,5	1,4
90	1,1	0,8	0,7
100	1,1	1,9	2,3

Für die von Dustin[4]) angenommene Förderung der Zellteilung durch Colchicin besteht nach den Untersuchungen von Bucher[5]) und von Cohen und Brues[6]) kein experimenteller Anhalt. „Es kann als feststehend betrachtet werden, daß Colchicin die Mitose nicht anregt. Dieser Eindruck einer Anregung ist durch die Anhäufung der arretierten Mitosen gegeben" [Levan und Oestergren[7])]. Die Zahl der unter der Wirkung des Colchicins beobachteten Mitosen wird bei einer geeigneten Dosis mit der zu identifizieren sein, die im gleichen Zeitraum auch normalerweise abgelaufen wäre. Mit geringen Dosen Colchicin werden nicht alle Mitosen arretiert, zu große Dosen hindern den Beginn der Mitosen [s. hierzu auch[6])]. Da auch mit einem Absterben der arretierten Zellen zu rechnen ist, wird sich ein beobachteter Maximalwert dem wahren Wert nur annähern können. Die höchsten experimentell beobachteten Werte wird man aber vielleicht als Grundlage einer weiteren Berechnung benutzen dürfen.

Nehmen wir den 50 γ-Wert aus Tabelle 1, so ist in 10 Stunden eine Steigerung von 2,1 auf 41,0 %, also eine Zunahme von 38,9 % festzustellen. Normalerweise wären 38,9 % Mitosen in 10 Stunden abgelaufen, dann würden 100 % Mitosen 25,7 Stunden erfordern. Das wäre wieder die Zeit, in der eine Verdopplung der Zellzahl eingetreten wäre. Dieser Wert von 25,7 Stunden fügt sich sehr gut den nach der obigen Berechnung erhaltenen Werten von 1,07, 1,14 und

1,20 Tagen = 25,7, 27,7, 28,8 Stunden ein. In analoger Rechnung erhalten wir aus dem 70 γ-Wert eine Zeit von 36,1 Stunden, die vielleicht schon zu groß ist. Es ist selbstverständlich, daß dieser Wert bei verschiedenen Individuen Abweichungen zeigen wird, die nur an einem größeren Material zu erfassen sind. Die Übereinstimmung der beiden Methoden spricht jedoch dafür, daß der wahre Wert damit einigermaßen angegeben werden kann. Keinesfalls darf dieser Wert für eine andere Tumorart übernommen werden. Für das Testobjekt des Mäuseascitestumors ist die Kenntnis dieser Größe aber von Wichtigkeit, und wir werden diese Größe weiter festlegen.

Die durch das Colchicin in den 10 Stunden arretierten Mitosen wären normalerweise zum Ablauf gekommen, so daß beim unbehandelten Tier nach 10 Stunden ebenso viele Mitosen wie zu Versuchsanfang zu finden wären, d. h. normalerweise wären in 10 Stunden 38,9 Mitosen abgelaufen, so daß sich für die Dauer der einzelnen Mitose eine Zeit von durchschnittlich 15 Minuten berechnet. Die Zelle des Ascitestumors braucht also etwas mehr als einen Tag, um zur Teilung heranzuwachsen, und teilt sich dann in einer Viertelstunde in zwei neue Zellen.

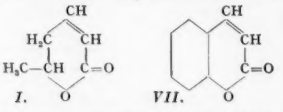
Es erscheint von Interesse, analoge Zahlen auch von normalem Gewebe zu erhalten, um beurteilen zu können, welche Unterschiede hier vorliegen. Wahrscheinlich wird es sich nur um quantitative Abstufungen, nicht um ein völliges Abweichen bei normalem sog. ruhendem Gewebe handeln.

Göttingen, Allgemeines Chemisches Universitätslaboratorium, den 12. Juli 1943. Hans Lettré.

[1]) H. Lettré, Hoppe-Seylers Z. **268**, 59 (1941).
[2]) H. Lettré, Hoppe-Seylers Z. **271**, 190 (1941).
[3]) H. Brodersen, Strahlenther. **73**, 196 (1943).
[4]) Siehe Ries, Naturwiss. **27**, 505 (1939).
[5]) O. Bucher, Z. Zellforsch. **29**, 283 (1939).
[6]) A. M. Brues u. A. Cohen, Biochemic. J. **30**, 1363 (1936).
[7]) A. Levan u. G. Oestergren, Hereditas **29**, 381 (1943).

Über die chemische Natur der Blastokoline und ihre Einwirkung auf keimende Samen, Pollenkörner, Hefen, Bakterien, Epithelgewebe und Fibroblasten.

Blastokolin (*βλαστός* = Keim, Sproß, Wachstum; *κολάζω* = im Zaum halten, bändigen) ist der Name, den A. Köckemann[1]) einer in reifen Früchten und Samen vorkommenden, in Alkohol und Äther löslichen Substanz von unbekannter Konstitution gegeben hat, welche die Keimung von Samen unterdrückt. Unser Testobjekt waren Samen von *Lepidium sativum* (Kresse), unser bisher bestes Ausgangsmaterial reife Früchte von *Sorbus aucuparia* (Vogelbeeren). Das aus diesen 1859 von A. W. Hofmann[2]) isolierte rechtsdrehende Sorbinöl, dessen Konstitution R. Kuhn und D. Jerchel[3]) durch Abbau und Synthese des Racemats im Sinne von I bewiesen haben, hat sich im Blastokolintest als hochwirksam erwiesen. Die Frage, ob die aus Tomaten- und Apfelsaft sehr weit angereicherten Wirkstoffe[4]) mit dem Sorbinöl identisch sind, ist noch nicht entschieden. Vergleichend mit natürlichem I (Parasorbinsäure, $\Delta_{\alpha\beta}$-Hexen-δ-lacton, Hexen-2-olid-5,1) haben wir geprüft: synth. d, l-Sorbinöl (II), Hexen-2-olid-4,1 (III), Hexen-4-olid-5,1 (IV), dl-δ-Capro-lacton (V) und das Lactam der δ-Amino-$\Delta_{\alpha\beta}$-hexensäure (VI).



1. Kressesamen. I unterdrückt die Keimung völlig in einer Verdünnung 1:1000. Bei 1:10000 bleibt die Länge der gebildeten Wurzeln hinter derjenigen in den Kontrollen (17 mm) deutlich zurück.

Substanz 1 : 1000	von 100 Samen keimen	Substanz 1:10000	Wurzellänge (mm)
I	0	I	5,7
II	0	II	7,0
III	0	III	7,0
IV	20	IV	9,4
V	75	V	16,8
VI	63	VI	13,6
—	98	—	17,0

Cumarin (VII) ist noch wirksamer. Es läßt bei 1:10000 nur 2 % der Samen keimen, während I bei 1:10000 noch 70—80 % Keimung ergibt. d- und l-α-Oxy-β-β-dimethyl-γ-butyrolacton sowie α-Keto-β, β-dimethyl-γ-butyrolacton waren ohne Wirkung (1:1000).

2. Pollen von Antirrhinum (sp.). I, II, III und V unterdrücken die Bildung von Pollenschläuchen völlig, wenn man 1:1000 zugibt. Bei 1:10000 hemmen I und II noch stark, III und V nicht mehr. d,l-Pantothensäure als krist. Natriumsalz (1:1000) schwächt die Wirkung nicht ab. VII hemmt das Wachstum der Pollenschläuche noch 1:100000.

3. Hefe. Das Wachstum von Hefe (Rasse M) wurde in synth. Nährlösung[5]) bei $p_H = 3{,}2$ und $p_H = 6{,}6$ lichtelektrisch (Trübungswerte) gemessen.

4. Staphylokokken. Nach derselben Methode[6]) wurde der Einfluß der ungesättigten Lactone auf das Wachstum von *Staphylococcus pyogenes aureus* (Stamm v R) untersucht.

Substanz 1 : 2000	Relative Trübungswerte nach 96 Std. bei 28°		
	Hefe ($p_H = 3{,}2$)	Hefe ($p_H = 6{,}6$)	*Staph. aureus*
I	13	15	0
II	0	17	0
III	49	19	28
IV	100	87	92
V	—	—	90
VI	92	60	84
—	100	100	100

5. Milchsäurebakterien, Streptobacterium plantarum (Stamm 10 S I. G.) I, II, III, IV, V und VI hemmen nicht (geprüft bis 1:1000).

P. B. Medawar, G. M. Robinson und R. Robinson[7]) haben vor kurzem aus Malz sowie synthetisch aus Acetaldol und Malonsäure in kleinen Mengen ein ungesättigtes Lacton $C_6H_8O_2$ gewinnen können, das als differential growth inhibitor[8]) in der Gewebekultur das Wachstum von tierischem Epithel unbeeinflußt läßt, dasjenige von Fibroblasten und Mesenchymzellen aber noch mit 6—10 γ/ccm ganz unterdrückt. Daraufhin sind unsere Substanzen auch an Gewebekulturen (im Rudolf Virchow-Krankenhaus) geprüft worden.

6. Hühnerherzfibroblasten. I hemmt stark bei 12 γ/ccm, II völlig bei 10 γ/ccm, III erst bei 80 γ/ccm. Ohne Wirkung blieben IV (geprüft bis 300 γ/ccm), V (bis 50 γ/ccm) und VI (bis 333 γ/ccm). Diese Reihenfolge entspricht weitgehend der an Pflanzen und Mikroorganismen gefundenen.

7. Ehrlich-Carcinomgewebe. 10—12 γ/ccm synth. und natürl. Sorbinöl blieben ohne Einfluß auf das Wachstum.

Zusammenfassung: Sorbinöl und andere ungesättigte Lactone vermögen die Keimung von Samen und Pollen sowie das Wachstum von Mikroorganismen und tierischem Gewebe zu unterdrücken. Unter den Bakterien gibt es solche (Milchsäurebakterien), die wie tierische Epithelgewebe (Carcinome) auf die Blastokoline kaum ansprechen, und andere (Staphylokokken), die wie Fibroblasten und Mesenchymzellen gegen diese recht empfindlich sind.

Heidelberg, Kaiser Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung, Institut für Chemie, den 4. Juli 1943.

Richard Kuhn. Dietrich Jerchel. Franz Moewus. Ernst Friedrich Möller.

Berlin, Allgemeines Institut gegen die Geschwulstkrankheiten im Rudolf Virchow-Krankenhaus, den 15. Juli 1943. Hans Lettré.

[1]) Ber. dtsch. bot. Ges. **52**, 523 (1934) — Beih. bot. Zbl. **55**, 191 (1936).
[2]) Liebigs Ann. **210**, 129 (1859). — O. Doebner, Ber. dtsch. chem. Ges. **27**, 344 (1894).
[3]) Ber. dtsch. chem. Ges. **76**, 413 (1943).
[4]) Diese Präparate sind von Herrn Prof. Dr. F. Weygand hergestellt worden.
[5]) Zusammensetzung der Nährlösung wird noch veröffentlicht.
[6]) Ber. dtsch. chem. Ges. **76**, 405 (1943).
[7]) Nature (Lond.) **151**, 195 (1943).
[8]) Vgl. T. B. Heaton, J. of Path. **29**, 293 (1926); **32**, 565 (1929). — P. B. Medawar, Quart. J. exper. Physiol. **27**, 147 (1937).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Springer-Verlag in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.